UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Toronto

https://archive.org/details/leuchtendepflanz00moli

Bot
M

LEUCHTENDE PFLANZEN

EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

DR. HANS MOLISCH
O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DES PFLANZENPHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES
AN DER K. K. UNIVERSITÄT IN WIEN.

ZWEITE, VERMEHRTE AUFLAGE

MIT 2 TAFELN UND 18 TEXTFIGUREN

18423 5
21.9.23.

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1912

Germany

Alle Rechte vorbehalten.

„Es ist schwer, genau und fein zu beobachten, aber noch schwerer, aus dem Beobachteten nicht mehr zu folgern, als es enthält."
Ehrenberg, Leuchten d. Meeres. p. 569.

Vorrede.

Eine zusammenfassende Darstellung unserer derzeitigen Kenntnisse über die Lichtentwickelung der Pflanze auf Grund der bisherigen und eigenen Forschung zu geben, ist das Ziel des vorliegenden kleinen Werkes.

Es bietet einen eigentümlichen Reiz, ein Problem von Zeit zu Zeit mit Hilfe der inzwischen neu geschaffenen Methoden in Angriff zu nehmen und die in anderen wissenschaftlichen Disziplinen gemachten Erfahrungen darauf anzuwenden. Ist es doch unverkennbar, wie mit Schaffung der Bakteriologie und ihrer Technik unsere Kenntnisse über das Leuchten toter Lebewesen mit einem Ruck vorgeschritten sind und wie unsere Einsicht in die Biologie der Leuchtbakterien und in den Leuchtprozeß sich wesentlich vertieft hat.

Bald werden 100 Jahre verflossen sein, seitdem Placidus Heinrich sein an zahlreichen und genauen Beobachtungen reiches Werk: „Die Phosphorenz der Körper" veröffentlicht hat. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts kamen die vollständig in Vergessenheit geratenen und den neueren Forschern unbekannten Forschungen F. Hellers hinzu, dem das Verdienst gebührt, zuerst auf die biologische Natur des Leuchtprozesses auch bei verwesenden Körpern hingewiesen zu haben.

In den letzten drei Dezennien schlossen sich daran im Zusammenhange mit den Fortschritten der Bakteriologie, Chemie und anderen Disziplinen zahlreiche wertvolle Untersuchungen, die in verschiedenen, vielfach schwer zugänglichen Orten erschienen und oft einheitlicher Gesichtspunkte entbehrten. Daher schien es mir an der Zeit zu sein, den ganzen Gegenstand nach dem Stande unserer derzeitigen Erfahrungen, und gestützt durch eigene Forschung, zu sichten und zu schildern. Ueberall, wo Zweifel aufstiegen, habe ich objektiv geprüft, wo eine Lücke war, mit eigenen Experimenten eingesetzt, und wo Tat-

sachen fehlten, neue herbeizuschaffen versucht, um die Lehre von der Lichtentwickelung der Pflanzen — ein Kapitel, das ähnlich dem von der Elektrizität und der Pflanze in den Lehrbüchern der Botanik in der Regel eine recht stiefmütterliche Behandlung gefunden hat — soweit es in meinen Kräften lag, zu fördern. Und so übergebe ich denn dieses kleine Buch, dessen experimenteller Teil mich durch mehr als ein halbes Dezennium beschäftigt hat, der Oeffentlichkeit — mit dem Wunsche, daß das lebhafte Interesse, welches mich bei dem Studium dieses nach so verschiedenen Seiten hin so wichtigen Problems beseelte, auch auf den Leser übergehe und ihn zu neuen Forschungen anrege.

Prag, im Februar 1904.

K. K. pflanzenphysiologisches Institut der deutschen Universität.

Hans Molisch.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Wenn ein wissenschaftliches, vielfach auf eigenen Untersuchungen fußendes Werk bei der heutigen Ueberflutung der Literatur eine 2. Auflage notwendig erscheinen läßt, so darf dies wohl als ein Zeichen dafür angesehen werden, daß das Werk bei den Fachgenossen Interesse erregt hat. Als mir daher mein Verleger die Mitteilung machte, daß mein Buch „Leuchtende Pflanzen", Jena 1904, vergriffen sei, und mich darum ersuchte, eine Neuauflage vorzubereiten, folgte ich gerne dieser Aufforderung, um so mehr als sich mir hierbei Gelegenheit bot, verschiedene neue Untersuchungen, die ich inzwischen angestellt und an verschiedenen Orten veröffentlicht hatte, in meine Monographie einzuflechten. Ich denke dabei insbesondere an meine Versuche über das Leuchten von Hühnereiern und Kartoffeln, an meine Studien über die Leuchtbakterien aus dem Hafen von Triest, über angeblich leuchtende Pilze und einiges andere. Daß die übrige, seit der 1. Auflage meines Werkes erschienene Literatur kritisch gesichtet und berücksichtigt wurde, bedarf wohl nicht erst besonderer Erwähnung. Dadurch wurde der Umfang des Buches um etwa 2 Druckbogen und um 4 Textfiguren vermehrt.

Wien, im August 1912.

Pflanzenphysiologisches Institut der K. K. Universität.

Hans Molisch.

Inhalt.

Seite

I. Gibt es leuchtende Algen? 1

Lichtreflexe bei Algen. Der Goldglanz bei Chromophyton Rosanoffii Woron. Historisches über angeblich selbst leuchtende Algen. Eigene Beobachtungen auf Helgoland und bei Triest. Ergebnis: Es leuchten nur Tiere, die an den Algen haften, nicht die Algen selbst.

II. Ueber das Leuchten der Peridineen 14

A. Marine Peridineen 14

Historisches. Meeresleuchten im Triester Hafen. Hervorrufung durch mechanische und chemische Reize. Schwierigkeit der Feststellung, welche mikroskopischen Lebewesen leuchten. Peridinium divergens hat einen Hauptanteil am Meeresleuchten in Triest. Pyrocystis.

B. Süßwasser-Peridineen 22

Historisches. Eigene Beobachtungen ergaben durchwegs negative Resultate.

III. Das Leuchten der Pilze 27

a) **Hyphomyceten** 27

A. Das Leuchten des Holzes 27

1. Historisches 27

2. Eigene Untersuchungen, basierend auf Reinkulturen 37

Winke, wie man sich bequem leuchtendes Holz verschaffen kann.

a) Reinkulturen vom Hallimasch 38

Zucht des Hallimasch bis zum Fruchtkörper.

b) Reinkulturen vom Mycelium x 41

Seine relativ große und langandauernde Leuchtkraft. Mycelium x, ein ausgezeichnetes Demonstrations- und Experimentalobjekt.

c) Reinkulturen von Xylaria Hypoxylon und Cookei 43

Die allgemein verbreitete Angabe, Xylaria Hypoxylon leuchte, ist falsch.

d) Ueber einige angeblich leuchtende Pilze 47

e) Schlußbemerkungen 50

Das Leuchten des Holzes ist ein biologischer Prozeß. Die irrtümlichen Ansichten Th. Hartigs und de Barys darüber. Die Lichtentwickelung erfolgt intracellulär. Bakterien sind beim Leuchten des Holzes nicht beteiligt.

Seite

3. Ueber das Blitzen des Holzes 52

Plötzliches Auftreten von Lichtpunkten bei Erschütterung des Holzes. Die Ursache des Blitzens ist ein winziges Insekt: Neanura muscorum.

B. Ueber leuchtende verwesende Blätter 53

Beobachtungen an tropischen Blättern auf Java und an Blättern einheimischer Gehölze. Leuchtende Blätter der Eiche, Rotbuche, Steinbuche und des Ahorns. Angabe, wie man leuchtende Blätter leicht findet. Leuchtende Blätter eine überaus häufige Erscheinung. Der dabei beteiligte Leuchtpilz noch unbekannt.

β) **Bakterien** 57

A. Ueber das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere 58

1. Historisches 58

2. Eigene Untersuchungen 61

Anfängliche Schwierigkeiten. Methode, sich jederzeit leuchtendes Fleisch leicht und bequem zu verschaffen. Luftmethode. Salzwassermethode. Das Leuchten des Fleisches eine häufige Erscheinung. Beschreibung des Leuchtens. Die Ursache des Leuchtens ist Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch. Seine weite Verbreitung und sein Vorkommen. Es ist nicht pathogen. Es ist auf dem Festlande eingebürgert. Beschreibung.

B. Ueber das Leuchten von Würsten 71

Historisches. Eigene Erfahrungen. Leuchtende Würste eine Seltenheit. Ursache des Leuchtens: das Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch. Warum leuchten Würste selten?

C. Ueber das Leuchten menschlicher Leichenteile 74

Angaben darüber in der älteren Literatur. Eigene Beobachtungen. Künstliches Hervorrufen von Leuchten durch Bacterium phosphoreum.

D. Ueber das Leuchten toter Fische und anderer Seetiere 76

1. Marine Fische 76

Aeltere Beobachtungen. Eigene Erfahrungen. Besuch der Fischkeller in Triest. Die Verkaufsfische bieten hier durch ihr Leuchten ein glänzendes Schauspiel. Das Leuchten wird bedingt durch verschiedene Arten von Leuchtbakterien. Leuchten anderer toter Seetiere.

2. Süßwasserfische 81

Geschichtliches. Meine Erfahrungen. Süßwasserfische leuchten gewöhnlich nicht, sondern nur bei Infektion mit marinen Leuchtbakterien.

E. Ueber das Leuchten lebender Tiere, hervorgerufen durch Infektion . . 86

Giards Auffindung von leuchtenden Flohkrebsen. Diese sind von Leuchtbakterien infiziert. Frösche durch Infektion leuchtend gemacht. Angebliches Leuchten der Maulwurfsgrille. Leuchtende Fliegen (Chironomus). Die leuchtenden Zuckmücken scheinen krank und von Photobakterien infiziert zu sein. Leuchtende Schwammmücken. Der Laternenflieger Fulgora laternaria. Leuchtende Regenwürmer.

Seite

F. Ueber das Leuchten von Hühnereiern, Kartoffeln etc. 91

A. Hühnereier 91

Historisches. Soleier, Ursache ihres Leuchtens.

B. Kartoffeln 96

Historisches. Ursache ihres Leuchtens.

γ) **Uebersicht über die bisher beobachteten leuchtenden Pilze** 99

Hyphomyceten. Bakterien. Schwierigkeit der Bakteriensystematik.

IV. Das Leuchten und die Entwickelung der Leuchtbakterien in Abhängigkeit von verschiedenen Salzen und der Temperatur . . . 104

a) Salze 104

Wichtigkeit des Kochsalzes. Versuche mit Bacterium phosphoreum. Kochsalz kann durch andere Salze ersetzt werden. Versuche mit Bacterium phosphoreum etc. Das Kochsalz und die es vertretenden Salze wirken nicht so sehr als Nährmittel, sondern machen das Medium isosmotisch. Leuchtbakterien, die mit wenig oder ohne Kochsalz gedeihen.

b) Temperatur 104

Einfluß derselben auf Photobakterien und das Mycelium x.

V. Ernährung, Leuchten und Wachstum 113

Beijerincks Untersuchungen. Methodik. Diffusionsfeld. Auxanogramm. Erstaunliche Reaktionsfähigkeit der Leuchtbakterien auf gewisse Stoffe. Pepton- und Peptonkohlenstoffbakterien. Leuchtstoffe. Leuchtbakterien zum Nachweis von Enzymen. Agglutination schädigt nicht die Leuchtkraft. Narkose der Leuchtbakterien. Nichtleuchtende Bakterien und Schimmelpilze können die Leuchtkraft der Photobakterien sehr begünstigen. Verwendung von Photobakterien zum Nachweis von Rissen in Bakterienfiltern.

VI. Ueber das Wesen des Leuchtprozesses bei den Pflanzen . . . 123

1. Das Leuchten beruht auf einer Oxydation 123

Ansichten älterer Forscher. Versuche Beijerincks. Ein anschaulicher Schulversuch. Ohne freien Sauerstoff kein Leuchten.

2. Leuchten und Atmung 126

Sachs' Ansicht von der direkten Beziehung zwischen Atmung und Leuchten. Wachstum der Leuchtbakterien ohne Leuchten. Atmungs- und Leuchtintensität korrespondieren nicht immer. Analogien zwischen Leuchten und Farbstoffbildung. Vorläufig liegt kein zwingender Grund vor für die Annahme einer Luminiszenz durch Atmung.

3. Zur Theorie des Leuchtens 130

Phosphor-Hypothese. Ansicht Phipsons. Sein Noctilucin ist kein chemisches Individuum, sondern Schleim mit Leuchtbakterien. Radziszewskis Untersuchungen über selbstleuchtende organische Körper. Das Photogen. Gründe, die für seine Existenz sprechen. Dubois' Versuche mit Pholas. Beijerincks Ansicht. Der Leuchtprozeß erfolgt intracellulär. Das Photogen in seiner Entstehung an das Leben geknüpft. Gifte, welche die Zelle töten, heben das Leuchten auf. Notwendigkeit des Wassers für die Lichtentwickelung. Für die Photogentheorie sprechen Erfahrungen bei Leuchttieren. Zusammenfassung.

Seite

VII. Die Eigenschaften des Pilzlichtes 144

1. Die Farbe des Pilzlichtes 144
   Verschiedenartigkeit des Farbeneindrucks je nach dem Zustande der Netzhaut. Einfluß des Substrates.
2. Art des Leuchtens 145
   Unterschied zwischen dem Leuchten der Pflanzen und der Tiere. Dauer des Lichtes. Es ist nicht wallend oder funkelnd sondern ruhig.
3. Bakterienlampen und die Möglichkeit einer praktischen Verwertung derselben 147
   Dubois' Lampe. Anfertigung meiner Lampe. Ihre Eigenschaften. Verwendung von Käfern (Pyrophorus) zur Beleuchtung. Bakterienlampe, in Zukunft vielleicht nützlich für Pulvermagazine, Bergwerke und den Fischfang. Messung der Lichtintensität. Mittel, die Intensität des Lichtes zu steigern. Kaltes Licht.
4. Das Spektrum des Pilzlichtes 153
   Ludwigs, Forsters Beobachtungen. Eigene Untersuchungen mit Bakterien und höheren Pilzen. Ergebnis. Spektrum des Käferlichtes. Im Bakterienlicht keine ultravioletten Strahlen.
5. Die photographische Wirkung 158
   Historisches. Photographien von Bakterien in ihrem eigenen Lichte. Photographien von Gegenständen im Bakterienlichte.
6. Ueber die angebliche Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht nebst Bemerkungen über das Johanniskäferlicht 162
   Dubois' Behauptung. Muraokas „Saugphänomen". Lösung des geheimnisvollen Rätsels. Bakterienlicht wirkt wie gewöhnliches Licht, ebenso das Johanniskäferlicht.
7. Heliotropismus im Bakterienlicht 169
   Versuche mit Keimlingen und Pilzen. Sie zeigen positiven Heliotropismus.
8. Bakterienlicht und Chlorophyllbildung 173
   Sichtbares Ergrünen findet nicht statt, wahrscheinlich weil die Intensität des Lichtes zu schwach ist.
9. Hat das Licht eine biologische Bedeutung? 174
   Hinweis auf leuchtende Tiere. Versuche, aus leuchtenden Tieren Leuchtbakterien zu gewinnen. Bakterienlicht hat ebenso wie das der höheren Pilze wahrscheinlich keine biologische Bedeutung.

VIII. Ueber angebliche Lichterscheinungen bei Phanerogamen . . . 177
   Plantae lunariae oder Mondpflanzen. Leuchten von Milchsäften. Blitzen der Blüten. Kapuzinerkresse und andere Pflanzen. Beobachtungen am orientalischen Mohn von T. M. Fries. Meine Erfahrungen. Versuche, das Blitzen der Blüte auf Nachbilder zurückzuführen. Das Blitzen dürfte zwei Ursachen haben: Nachbilder und elektrische Erscheinungen.

Namenregister 190
Sachregister 193

I.

Gibt es leuchtende Algen?

Wenn in diesem kleinen Werke die Rede ist von leuchtenden Pflanzen, so meine ich, falls nichts Besonderes bemerkt wird, immer eine selbständige Entwickelung von Licht, ein Selbstleuchten. Nur vorübergehend soll auch jener Lichterscheinungen gedacht werden, die an manchen Algen beobachtet wurden und die sich durch ein eigentümliches Irisieren oder einen wunderbaren Glanz zu erkennen geben, wobei es sich nicht um ein Selbstleuchten, sondern um einen durch bestimmte Einrichtungen der Zelle bedingten Reflex von auffallendem Lichte handelt.

So hat Kny[1]) seinerzeit Angaben gemacht über eigentümliche optische Erscheinungen bei der Floridee Chondriopsis coerulescens Crouan, einer bei Neapel häufigen Alge. Das auf die Pflanze auffallende Licht wird hier von eigentümlichen, im Zellsaftraume liegenden gelblichen Massen, zurückgeworfen, so daß die Thallome im bläulichen Lichte erglänzen.

Ausgedehnte Untersuchungen über eigentümliche, durch Lichtreflex hervorgerufene brillante Färbungen bei Algen verdanken wir G. Berthold[2]). Nach diesem Forscher schimmern von den im Golf von Neapel vorkommenden Algen besonders schön Chylocladia kaliformis Harv. in prachtvoll blauem, Chylocladia parvula Harv. in silberweißem, Ch. reflexa Harv. in rötlich weißem Glanze und Ch. mediterranea I. Ag. in allen Regenbogenfarben.

Aehnliche Reflexerscheinungen, wenn auch in geringerem Grade, zeigen Laurencia pinnatifida I. Ag., Scinaia furcellata I. Ag., Polysiphonia platyspira Ktz., Callithamnion granulatum I. Ag., Wrangelia peni-

1) Kny, L., Monatsberichte der Akad. d. Wissenschaften zu Berlin. Juni 1870.

2) Berthold, G., Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. XIII. 1882. p. 685.

cillata I. Ag., Cystosira ericoides I. Ag., C. opuntioides I. Ag., Dictyota, Taonia, Haliseris, Asperococcus Giraudia und andere.

In allen diesen Fällen handelt es sich nicht um ein selbständiges Leuchten, sondern, wie die Untersuchungen von Berthold ergeben haben, um eine Ablagerung von Stoffen innerhalb der lebenden Zelle, die das von außen eintretende Licht auffangen und mehr oder minder zurückwerfen. Bei Chylocladia z. B. sind es Platten eiweißartiger Natur. Diese stellen sich bei intensiver Beleuchtung mit ihrer breiten Fläche dem Lichte entgegen, werfen dasselbe zurück und schützen auf diese Weise die Zelle vor allzu intensiver Beleuchtung. Berthold gibt aber auch die Möglichkeit zu, daß die im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche einfallenden Strahlen durch die Eiweißplatten nach verschiedenen Richtungen geworfen werden, um die Zellen möglichst allseitig zu durchleuchten [1]).

Seit vielen Jahren habe ich im Gewächshause meines Versuchsgartens auf dem Wasserspiegel der Bottiche und Untertassen von Blumentöpfen einen eigentümlichen staubartigen Anflug beobachtet, der im direkten oder diffusen Lichte, falls man in bestimmter Richtung darauf blickt, einen herrlichen Goldglanz ausstrahlt [2]). Der Glanz kann von verschiedener Intensität sein, zur Zeit seiner üppigsten Entwickelung bietet er einen geradezu zauberhaften Anblick.

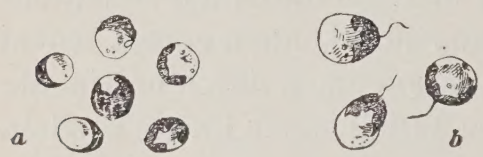


Fig. 1. *Chromophyton Rosanoffii* Woron. a Lebende Individuen. Die helle Partie der Zelle ist Plasma, die dunkle, seitlich gelagerte der braune Chromatophor. b Dasselbe nach Behandlung mit 1-proz. Osmiumsäure. Die Zelle, insbesondere der Plasmateil, erscheint aufgebläht, die Geißel wird sichtbar. Die Vergrößerung bei a und b etwa 600.

Diese wunderbare optische Erscheinung geht von einem, von manchen Botanikern auch zu den Braunalgen gestellten Flagellaten, dem Chromophyton Rosanoffii Wor. aus.

Seine Schwärmer stellen kleine, mit einer Geißel versehene Kugeln von 4—6 μ dar, die unter anderem aus farblosem Plasma, welchem seitlich ein brauner oder grünbrauner, zumeist plattgedrückter Chromatophor angelagert ist, bestehen (Fig. 1). Sobald man die Schwärmer unter Wasser bringt, streben sie dem Lichte und gleichzeitig dem Wasserspiegel zu und durchbohren denselben, wie wenn er eine feste Haut wäre, bis sie dem Wasserspiegel ganz aufsitzen.

Hat man in einer dunklen Tonschale einen dichten auf dem Wasser ruhenden Anflug von solchen Schwärmern, und war die Schale längere

1) Berthold, G., l. c. p. 707.

2) Molisch, H., Ueber den Goldglanz von Chromophyton Rosanoffii Woronin. Sitzungsber. der Kais. Wiener Akad. Bd. CX. Abt. 1. Nov. 1901.

Zeit vor einem Fenster einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, so zeigt die Haut, wofern man von der Fensterseite gegen dieselbe blickt, einen prachtvollen Goldschimmer. Blickt man hingegen von oben senkrecht auf den Wasserspiegel nach abwärts, so erscheint die Haut mattbraun, ohne Glanz oder nahezu farblos. Je kleiner der Winkel wird, unter dem man vom Fenster aus auf den Wasserspiegel blickt, desto stärker wird der Goldschimmer; derselbe wird am intensivsten, wenn man, das Auge knapp über dem Wasserspiegel haltend, fast parallel zu diesem in der Richtung des Lichteinfalles beobachtet. — Bei Betrachtung des Wasserspiegels von rückwärts, also von der Schattenseite aus, verschwindet der Glanz, die Haut erscheint dann zumeist mattbraun.

Dreht man, vom Fenster auf die goldglänzende Haut blickend, die Schale sehr langsam und ohne viel zu schütteln um ihre vertikale Achse, so verschwindet alsbald der Glanz, und erst wenn man die Schale in ihre frühere Stellung bringt, also um etwa 360° gedreht hat, leuchtet die Haut in ihrem ursprünglichen Glanze wieder auf. Dreht man nur so lange, bis der Glanz verschwindet, und läßt dann ruhig stehen, so dauert es nicht lange, etwa eine halbe Stunde, und der Goldschimmer tritt von neuem auf.

Dieselben Erscheinungen, das Auftauchen und Verschwinden des Goldglanzes, lassen sich auch hervorrufen, wenn man mit einem Glasstabe das Wasser in eine langsam rotierende Bewegung versetzt. Es dreht sich dann die Haut mit und zeigt nur bei einer bestimmten Lage den Goldglanz, und diese Lage entspricht der früheren, der einseitigen Beleuchtung ausgesetzten Ruhelage.

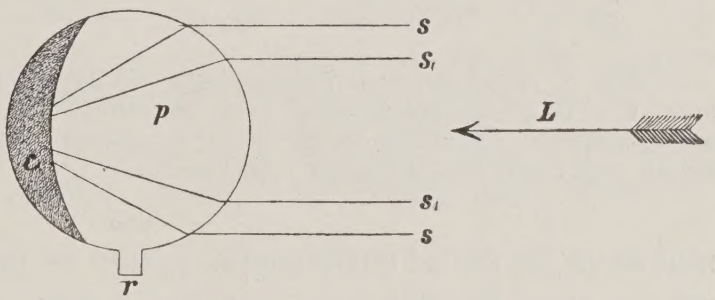


Fig. 2. Eine sehr stark vergrößerte, schematisch gezeichnete Zelle von *Chromophyton Rosanoffii* Woron. *p* Plasma, *c* Chromatophor, *r* Stielchen, mit dem die Zelle auf dem Wasserspiegel aufsitzt, *L* Lichteinfall, ss_1 parallel auffallende Strahlen, welche so gebrochen werden, daß sie gegen den Chromatophor konvergieren.

Das Experiment gelingt sowohl bei Sonnenlicht als auch bei künstlichen Lichtquellen, z. B. sehr schön vor der Flamme eines Auerbrenners.

Chromophyton zeigt den Glanz nur, wenn es dem Wasserspiegel aufsitzt, untergetaucht aber nicht.

Die kugeligen Zellen haben die Eigentümlichkeit, ihren Farbstoffträger bei einseitiger Beleuchtung an die von der Lichtquelle abgewendete Seite zu dirigieren. Die obenstehende Figur 2 stellt eine schematische Zeichnung einer Chromophytonzelle dar, in welcher der Chromatophor

die Rückseite wie eine Mondsichel auskleidet. Denkt man sich nun auf diese, wie eine bikonvexe Linse wirkende Zelle ein Bündel paralleler Lichtstrahlen *ss*, in der Richtung des Pfeiles einfallen, so werden diese auf den Farbstoffträger konzentriert, so daß dieser hell beleuchtet und das Licht wie von einem selbstleuchtenden Punkte zurückgeworfen wird.

Daß sich die Sache tatsächlich so verhält, davon kann man sich leicht durch direkte Beobachtung überzeugen. Man hat zu diesem Zwecke nur nötig, eine kleine Glasschale mit Wasser und der darauf ruhenden Chromophytonhaut unter ein schwaches Objektiv eines Mikroskops zu stellen, längere Zeit nach Ausschaltung der Spiegelbeleuchtung stehen zu lassen, bis man, vom Fenster aus blickend, den Goldglanz wahrnimmt,

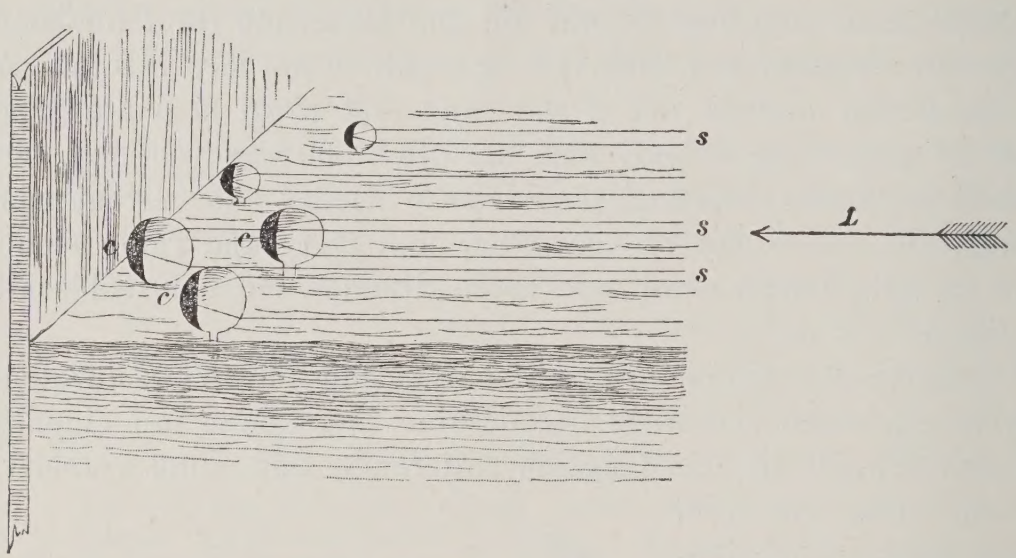


Fig. 3. Fünf auf dem Wasserspiegel aufsitzende Individuen von *Chromophyton Rosanoffii* Woron., schematisch gezeichnet. Sämtliche Zellen zeigen den Chromatophor auf der der Lichtquelle abgewendeten Seite. Die parallel auffallenden Strahlen werden von den Zellen gegen den Chromatophor konzentriert.

und dann im schief auffallenden Lichte zu betrachten: die meisten Zellen zeigen dann im Mikroskop an der Vorderseite, in Wirklichkeit also an der vom Fenster abgekehrten Seite, auf dem Chromatophor einen intensiv goldgelb glänzenden Fleck, das Licht ist hier in hohem Grade konzentriert und wird vom Chromatophor wie von einer Blendlaterne zurückgeworfen. So wird es vollkommen verständlich, warum man den Goldglanz am besten wahrnimmt, wenn man vom Fenster aus blickt und das Auge möglichst knapp über dem Wasserspiegel hält. Gerade dem Auge gegenüber befinden sich dann Tausende von Chromatophoren, die die innere Rückwand der Zelle, einem Hohlspiegel gleich, scheibenartig bedecken und das auf sie konvergierte Licht zurückwerfen. (Fig. 3.)

Im wesentlichen beruht also der Goldglanz von Chromophyton auf denselben Ursachen wie das sog. Leuchten des Vorkeims vom Leucht-

moos Schistostega osmundacea Schimp. Vuillemin[1]) und Noll[2]) haben in anschaulicher Weise gezeigt, daß man es hier mit einer optischen Reflexerscheinung zu tun hat: der prächtige, goldgrüne Glanz, der von den linsenförmig gebauten Vorkeimzellen dieses Mooses ausgeht, kommt in ganz analoger Weise zustande wie der Goldglanz von Chromophyton. Die Vorkeimzellen der Schistostega sehen stark gewölbten, bikonvexen Zellen ähnlich, deren Chlorophyllkörner sich an der von der Lichtquelle abgewendeten Seite anhäufen und das auf sie konzentrierte Licht zurückwerfen[3]).

In dieselbe Kategorie von Erscheinungen gehören auch die eigenartigen Lichtreflexe, die Garjeanne[4]) an den Blättern der Ausläufer von Mnium rostratum und Mnium undulatum beobachtet hat. In einem kleinen Waldgraben unweit Venlo (Niederlande) zeigten die genannten Moosrasen einen eigentümlichen goldiggrünen Glanz, der durch Wassertropfen an der Unterseite der Blätter bedingt wurde. Die von oben in den Graben auf die Blätter einfallenden, senkrechten Strahlen werden durch die etwas linsenförmigen Zellen des Mniumblattes etwas konvergent, treten in den Wassertropfen, und diejenigen, die in der Nähe seines Randes liegen, werden an der Grenze von Wasser und Luft zweimal total reflektiert, treten wieder in das Blatt ein und wieder etwas konvergent aus dem Blatte nach oben heraus. Die untere Oberfläche des Wassertropfens erscheint also wegen der von hier ausgehenden totalen Reflexion des Lichtes wie eine leuchtende Fläche. Der Verfasser ist der Meinung, daß dieser Lichtreflex für die Kohlensäureassimilation des Blattes von einiger Bedeutung ist.

Nach Sapehin[5]) leuchten auch die Vorkeime des Farnkrauts Pteris serrulata, und die Ursachen dieser Erscheinung sind dieselben wie bei Schistostega.

---

1) Vuillemin, P., L'appareil reluisant du Schistostega osmundacea. Journ. de l'anatomie et de la physiologie 1887. p. 18—30. Ein Referat darüber: Just, Bot. Jahresber. 1887. I. Abt. p. 223.

2) Noll, F., Ueber das Leuchten der Schistostega osmundacea Schimp. Arbeiten des bot. Institutes in Würzburg. Bd. III. 1888. p. 477.

3) In die Kategorie der Lichtreflexerscheinungen dürfte auch das Leuchten der Augen gewisser Nachtschmetterlinge (Bombyx- und Sphinx-Arten) gehören, das ich oft beobachtet habe, das aber nur im Halbdunkel zu sehen ist und im Finstern sofort verschwindet, offenbar weil es sich hier nicht um ein Selbstleuchten handelt. Das Leuchten der Schmetterlingsaugen würde eine genauere Untersuchung verdienen.

4) Garjeanne, A. J. M., Lichtreflexe bei Moosen. Beihefte z. Botan. Centralbl. Bd. XXVI. 1910. I. Abt. p. 1—6.

5) Sapehin, A. A., Ueber das Leuchten der Prothallien von Pteris serrulata. Bull. Jard. Imp. Bot. Pétersbourg. Bd. VII. 1907. p. 85—88.

Die Fähigkeit der Chromophyton-Zelle, das Licht in hohem Grade zu konzentrieren und den Chromatophor so zu stellen, daß das konzentrierte Licht gerade auf diesen fällt, setzt die Zelle jedenfalls in den Stand, auch noch bei geringen Lichtintensitäten kräftig Kohlensäure zu assimilieren, in ähnlicher Weise wie dies auch bei Schistostega der Fall ist.

Nach vieljährigen Beobachtungen zu schließen, befindet sich Chromophyton in einem sehr gedämpften Licht außerordentlich wohl, denn ich erzielte die prächtigsten Kulturen stets im Gewächshause unterm Paraped bei einem schwachen, seitlich einfallenden diffusen Lichte, ein deutlicher Beweis, daß unter selbst so ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen die Assimilation der Kohlensäure noch eine recht energische sein muß.

In der älteren Literatur finden sich nicht selten Angaben über angebliches Selbstleuchten von Algen.

So erzählt 1804 Peron[1]), daß er bei Windstille aus einer Tiefe von 90—100 Klaftern in der Nähe des Kap Leuwin (Neuholland) verschiedene Körper herausgeholt habe: Retiporen, Sertularien, Isis, Gorgonien, Alcyonien, Schwämme mit Fucus und Ulven untermischt. Fast alles leuchtete.

1805 bemerkt Ducluzeau[2]) über das Leuchten einiger Seekonferven der Gegend von Montpellier: „La phosphorescence est encore à noter dans les conferves marines, elle est plus ou moins remarquable selon les différentes espèces. J'ai souvent observé ce phénomène sur une conferve de nos étanges, voisine de la Conf. rupestris L.“

Viviani, Prof. in Genua, teilt in demselben Jahre mit, daß alle Algen, alle Korallineen des Meeres vom Grunde herausgehoben, wegen der an ihnen haftenden Tierchen funkeln. Am meisten leuchte der Wurm Nereis cirrigera[3]).

Vinc. Rosa, der Aufseher des Naturalienkabinetts in Pavia, will nach der Mitteilung von Schweigger eine schwammhaltige Meeresalge Vermicularia retusa Imperati (Spongodium vermiculare) leuchten gesehen haben[4]). Sehr bestimmt spricht Meyen[5]) über das Leuchten einer Oscillatoria, welche er im Atlantischen Ozean zwischen 8° nördl. und 2° südlicher Breite auf seiner Reise um die Erde beobachtet hat.

---

1) Zitiert nach Ehrenberg: Das Leuchten des Meeres. In den Abhandlungen der kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1834. p. 460.

2) Ebenda, p. 462—463.

3) Ebenda, p. 463.

4) Ebenda, p. 489.

5) Meyen, F. J. F., Reise um die Erde, I. p. 55 und desselben Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II. 1838. p. 202.

Die Oscillatoria war klein, ungefärbt, von Schleim umhüllt und leuchtete in ihrer ganzen Masse.

Was nun die Angabe von Rosa anbelangt, so ist später Ehrenberg darauf näher eingegangen, als er in Alexandrien dem Meeresleuchten seine Aufmerksamkeit schenkte. Er sammelte von dem Spongodium vermiculare, das er als eine Alge (Codium) erkannte, möglichst viel und sah am Abend den Körper tatsächlich leuchten. Er hatte sich vorgestellt, die Pflanze würde an gewissen Stellen ihrer Oberfläche selbst leuchten, allein sie leuchtete nur, wenn sie bewegt wurde, in einzelnen hellen Punkten. Wurde die Alge stärker bewegt, so lösten sich die Lichtpunkte ab, und die Alge wurde dunkel. Ehrenberg untersuchte dann die Sache bei der genannten Alge nicht weiter, da er bei anderen eingesammelten Algen (Fucus) die Erscheinung in gleicher Weise beobachtete. Er bemühte sich, die Leuchtpunkte in einem Uhrglase aufzufangen und brachte sie in immer kleinere Wassermengen. Unter dem Mikroskop, das nur eine 100malige Vergrößerung bot, bemerkte Ehrenberg dann „kleine, schleimige, rundliche Partikeln, oft mit zerrissenen Rändern, ohne alle bestimmte Form, ohne deutliche Organe und ohne Leben[1])“. Ebenso unbestimmt war das Resultat bei Untersuchungen an Pflanzen im Roten Meere, wo der Besuch der Korallenriffe und das Anlegen von Magazinen lebender Korallen ihm vielfach Gelegenheit bot, das Leuchten zu beobachten. „Alle Arten von Korallen ohne Ausnahme und alle Fuci, sowie das Seegras leuchteten bei Tor“[2]).

Ob nun die Algen selbst leuchteten oder wegen anderer an ihnen hängender Organismen, darüber konnte Ehrenberg hier nicht ins klare kommen, denn das Resultat seiner Untersuchungen im Roten Meere war, „daß es im Meerwasser eine nicht eben fein zerteilte, schleimartige, zerfetzte, organische Substanz gebe, welche das Leuchten bedinge, und daß mit dieser alle übrigen Körper zufällig teilweise besetzt und zuweilen vielleicht eingehüllt werden“.

Eine bestimmtere Auffassung über das Leuchten des Meeres gewann Ehrenberg bei einem zehntägigen Aufenthalt auf Helgoland im Jahre 1835. Hier überzeugte er sich, daß das Meerleuchten hauptsächlich hervorgerufen wird durch Noctiluca und durch bestimmte Quallen. Von besonderem Interesse für uns erscheint auch die Tatsache, daß der genannte Autor bei Algen das Funkeln im Dunkeln auf die Anwesenheit der Nereis cirrigera zurückgeführt hat. „Dieser Ringel-

---

1) Ehrenberg, l. c. p. 532.
2) Derselbe, l. c. p. 533.

wurm von 1—3 Lin. Länge hat eine durchaus überraschende Wirkung in seinem Lichte. Er lebt gesellig, nur kriechend, nicht schwimmend, und gewöhnlich findet man eine große Zahl, zuweilen wohl Hunderte beisammen auf stark zerästelten Seetangen, welche bei Bewegung mit großen flimmernden Lichtpunkten besetzt erscheinen und deren Licht sehr anhaltend ist. Da die Tierchen im Feuchten auch außer dem Meere fortleben, so leuchten diese Algen oft außer dem Meere viele Tage und Nächte lang, bis die Tierchen selbst aussterben. Sondert man einen Lichtfunken ab, so findet sich alleweil ein kleiner Wurm, der auf dem Finger oder dem Wasser fortleuchtet [1]).“

Bestrebt, mich nach möglichst vielen Richtungen hin über das Leuchten von Organismen zu unterrichten, verweilte ich unter anderem durch drei Wochen im September 1901 auf Helgoland, um den hier obwaltenden Ursachen des Meeresleuchtens und speziell der Frage nachzugehen, worauf das von mehreren Seiten angegebene Leuchten oder Funkeln von Algen im Finstern beruhe, ob es ein selbständiges, von der Alge herrührendes Leuchten, ob es nur auf andere daraufsitzende Lebewesen oder auf andere Ursachen zurückzuführen sei. Mir schien diese Absicht um so mehr begründet, weil ja Ehrenberg das angebliche Leuchten von Algen nur nebenher und von den damaligen Erfahrungen aus beobachtet hat, und weil seit dem genannten Autor (seit 1835) dieser Frage meines Wissens niemand nachging.

Zu wiederholten Malen unternahm ich nachts auf einem Boote Fahrten und immer konnte ich Meeresleuchten beobachten. Bald konnte man an dem durch das Ruder aufgewirbelten Wasser, bald an den schäumenden Wellen, bald an dem während des Ruderns in das Wasser hineingehaltenen Stock oder an dem Planktonnetz ein Gefunkel oder Aufblitzen von kleineren und größeren Sternen sehen. Ein herrlicher Anblick aber, ein förmliches Raketenfeuer bot sich dar, wenn ich das Planktonnetz nach längerer Zeit aus dem Wasser zog und an den Maschen desselben besonders da, wo sich das Netz trichterartig verschmälerte, tausende von Funken im bläulichen Lichte erglänzten.

Schon an Ort und Stelle konnte man haselnußgroße, leuchtende Massen, die sich als Quallen entpuppten, vom Netz mit den Fingern abheben. Die Finger und Kleider leuchteten, wenn sie über das Netz gestrichen wurden, gleich einer phosphoreszierenden Masse.

Unmittelbar nach jeder Bootfahrt eilte ich in die in der Nähe des Strandes gelegene biologische Station, um zu konstatieren, was denn eigentlich leuchte. Die mit dem Planktonnetz gefischte Masse enthielt

---

1) Ehrenberg, l. c. p. 547.

von Licht erregenden Lebewesen Quallen, Millionen von Noctiluca miliaris und Peridineen, die letzteren aber nicht in allzu großer Zahl. Durch passende Isolierung in immer kleinere Wassermengen konnte unter steter Kontrolle mittels des Mikroskops genau gezeigt werden, daß nur die drei genannten Organismen leuchteten.

Die Noctiluca sammelte sich in Glasgefäßen, und zwar oben am Wasserspiegel mitunter in so ungeheurer Menge an, daß sie hier eine mehrere Millimeter bis fingerdicke sagoartige Masse bildete. In so dicker Schichte wies die sonst farblos erscheinende Masse eine rötliche Farbe auf.

Stößt man an ein solches Gefäß an, um das Wasser zu erschüttern, oder rührt man dieses mit einem Glasstab auf, so blitzen Tausende von bläulichen Sternchen auf, doch nur für wenige Augenblicke. Eine abermalige Erschütterung erneuert das Aufleuchten, doch tritt dasselbe bei fortgesetzter mechanischer Reizung immer schwächer auf. Nicht ermüdete Noctilucen konnte ich schon durch bloßes, mäßig starkes Anblasen zur Lichterregung veranlassen.

Ich hatte in meinem Arbeitszimmer der biologischen Station zahlreiche Kübel, gefüllt mit Meerwasser und Algen, stehen und sah jede Nacht, daß das Wasser aller dieser Kübel bei Erschütterung wegen der darin vorhandenen Noctiluca sternartig aufleuchtete. Jedes größere Glasgefäß, das mit frisch geschöpftem Meerwasser beschickt wurde, leuchtete, ins Dunkle gebracht und mit einem Stabe aufgerührt, auf. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß an dem Meeresleuchten um Helgoland im September die Noctiluca den Hauptanteil hat. Peridineen und Quallen kommen erst in zweiter Linie in Betracht.

Auf Helgoland widmete ich der Frage, ob Algen selbst Licht ausstrahlen, große Aufmerksamkeit. Zu wiederholten Malen fand ich am Strande vor dem Kurhaus vom Meere frisch ausgeworfene Desmarestia aculeata, welche nachts beim Reiben mit den Fingern leuchtete. Die in Ruhe befindliche Alge leuchtete nicht, sowie aber gewisse Teile des Thallus mechanisch gereizt wurden, begann ein wallendes Leuchten, welches nur kurze Zeit währte, um aber bei neuer Reizung von neuem zu erscheinen. Legte man ein Thallusstück in süßes Wasser, so trat das Leuchten besonders stark auf, verschwand aber nach einigen Minuten ganz. Bei neuer mechanischer Reizung konnte Lichtentwickelung nicht mehr hervorgerufen werden.

Ich konnte mich bald überzeugen, daß nur diejenigen Partien des Thallus leuchteten, welche mit Membranipora pilosa besetzt waren. Daß dieses Tier leuchtet, ist bekannt. Dr. Landsborough

sagt[1]), daß Membranipora gerieben, die Erscheinung bot „of a sheet of fire." . . . „The zoarium was like an illuminated city".

Am 10. September 1901 sammelte ich einen Kübel voll Fucus serratus. Als ich die in dem Kübel ohne Wasser nur im nassen Zustande befindlichen Algen im Finstern mit den Fingern rieb oder darinnen mit den Händen herumwühlte, leuchteten hunderte Funken gleich Sternen auf. Das Licht war besonders beim Reiben ein unruhiges, auf- und abflackerndes. Das Funkeln dauerte gewöhnlich nur wenige Sekunden, selten länger, die leuchtenden Stellen der Alge konnten durch Reiben wieder von neuem für einen Augenblick leuchtend gemacht werden.

Schon mit den Fingerspitzen konnte man fühlen, daß nur solche Stellen Licht entwickelten, welche sich rauh anfühlten, an welchen also etwas haftete. Bei Licht besehen, zeigten sich hier wieder mehr minder große Rasen von Membranipora als Ursache des Leuchtens.

Wenn ich Delesseria sanguinea, Cladostephus verticillatus, Phyllophora Brodyei, Cladophora sp., Polysyphonia elongata, Furcellaria sp. und andere Algen mit den Fingern überfuhr, so erglänzten sie bald in hin- und herhuschendem, bald in raketenartig aufschießendem Lichte. Dicht nebeneinanderliegende Punkte flackerten bei Reibung auf und entpuppten sich, bei Licht besehen, als Tiere, als Rasen von Clytia Johnstonii, deren dazu gehörige Qualle ebenfalls leuchtet[2]).

Ehrenberg erwähnt auch einen Wurm, Nereis cirrigera (Nereis noctiluca L.?), den er auf Helgoland auf Tang (er führt besonders Chondria flagelliformis und Sporochuus aculeatus an) gefunden hat und der sich durch die Intensität seines Lichtes auszeichnet[3]).

Dieser Wurm ist auch heute noch bei Helgoland eine gewöhnliche Erscheinung. Wenn ich in der biologischen Station während der Nacht verschiedene Algen aus den mit Meerwasser gefüllten Kübeln herausnahm und zwischen den Fingern unter sanftem Druck rieb, so tauchten auf den Algen oft einige wenige oder zahlreiche Sterne in einem intensiv grünen Lichte auf. Die Lichtpunkte ließen sich leicht isolieren und gaben sich bei genauerer Betrachtung als Würmer (Nereis) zu erkennen. Zwischen den Fingern zerrieben, leuchtete die Wurmmasse besonders intensiv auf, und die Fingerspitzen leuchteten oft noch $^1/_2$ Stunde und länger nach.

---

1) Hinks, Th., A History of the British marine Polyzoa. London 1880. Vol. I. p. 135.

2) Es wäre meiner Meinung nach eine sehr dankbare Aufgabe für einen Zoologen oder Tierphysiologen, die verschiedenen Bryozoen auf ihr Leuchtvermögen zu prüfen; denn ich habe Erfahrungen gesammelt, welche mich in der Vermutung bestärkten, daß die Lichtentwickelung in der Ordnung der Hydroiden und der Bryozoen häufiger vorkommt, als man gegenwärtig annimmt.

3) Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres etc. p. 547.

Als ich im Sommer 1902, und zwar in den Monaten August und September, in Triest weilte, um an der zoologischen Station meine Erfahrungen über leuchtende Organismen zu erweitern, untersuchte ich fast jede Nacht Algen und konnte regelmäßig konstatieren, daß auch hier sehr häufig die Algen beim Herausnehmen aus dem Wasser oder beim Reiben mit den Händen ganz so wie die Algen von Helgoland in intensiv grünen Lichtpunkten erglänzen. Wiederum war es nicht die Pflanze, welche das Licht produzierte, sondern ein auf derselben lebender Wurm: Heterocirrus saxicola Gr.[1]). Aber noch ein anderes Tier kann dieselbe Erscheinung hervorrufen.

Am 3. September 1902 sammelte ich an dem Wellenbrecher im Hafen von Triest und in der Nähe des Leuchtturms Algen verschiedener Art und war überrascht, als ich dieselben in der Nacht aus den Wasserkübeln herausnahm und sah, wie die Thallome, mit großen, grünlichen Lichtpunkten, oft von wahren Sternen bedeckt waren. Besonders auf Nitophyllum, Gelidium und Dictyota waren solche Leuchtpunkte häufig. Der Lichterreger war hier eine in der bewachsenen Küstenregion von Triest überaus häufige, etwa 1 cm breite Ophiuride, die Amphiura squamata Sars, welche in zahlreichen Exemplaren zwischen und auf den Algen lebte und auf Reize hin in bläulich-grünem Lichte erstrahlte[2]).

---

1) Die Bestimmung dieses Tieres verdanke ich der Güte des Herrn Professor Dr. Cori, Direktor an der zoologischen Station in Triest. Demselben bin ich auch für zahlreiche Tier- und Algensendungen zu großem Dank verpflichtet.

2) Das Leuchtvermögen dieses so häufigen kleinen Schlangensterns scheint man bisher übersehen zu haben, wie denn unsere Kenntnisse über das Leuchten der Echinodermen überhaupt noch als recht mangelhaft bezeichnet werden müssen. Mit Vorliebe wird auf das Leuchten von Brisinga hingewiesen, eines Seesterns, den der norwegische Naturforscher und Dichter P. C. Asbjoernsen an der Küste Norwegens in einer Tiefe von 100—200 Klaftern entdeckte und dessen wunderbaren Glanz er eine wahre Gloria maris nennt. Mangold*) bezweifelt das Leuchtvermögen dieses Tieres. Ferner sollen noch einige andere Seesterne leuchten: Odinia elegans E. Perr., Ophiothrix sp., Ophiacantha spinulosa Müll. et Trosch, Amphiura elegans Leach u. a. m., doch wären darüber noch genauere Beobachtungen erwünscht. Vgl. Ludwig-Hamann in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. II. 3. Abt. p. 736. Leipzig 1899 und H. Gadeau de Kerville, Die leuchtenden Tiere und Pflanzen. Deutsche Uebersetzung. Leipzig 1893. p. 49 u. ff. — In der zuletzt zitierten Schrift erwähnt v. Kerville, daß unter den leuchtenden Tieren auch eine Art von Balanoglossus aufgeführt wird, daß man aber neuerdings an der Leuchtfähigkeit dieses Tieres zweifelt. Es wird daher vielleicht die Zoologen interessieren, wenn ich bemerke, daß mich der Leiter der Zool. Station in Triest, Herr Prof. Cori, auf die Lichtentwickelung dieses merkwürdigen Tieres aufmerksam gemacht hat, und daß ich mich von

---

*) Mangold, E., Die Produktion von Licht. In Winterstein, Handb. d. vergl. Physiologie. Bd. III. 2. Hälfte. p. 263.

Seit dieser Zeit hatte ich sehr oft Gelegenheit, mich von der Häufigkeit der erwähnten Erscheinung zu überzeugen.

Auf seiner Reise um die Erde hat Meyen, wie bereits bemerkt wurde, im Atlantischen Ozean zwischen 8° nördl. und 2° südl. Breite eine sehr kleine ungefärbte Oscillatoria in überaus großer Zahl beobachtet, die in ihrer ganzen Masse leuchten sollte. Die Beschreibung ist leider so mangelhaft und unbestimmt, daß man über den Organismus, den der genannte Autor vor sich gehabt hat, kein klares Bild gewinnen kann. Aus dem Umstande, daß Meyen das betreffende Lebewesen ungefärbt nennt, wäre abzuleiten, daß er überhaupt keine Alge unter den Händen gehabt hat. Zopf[1]) äußerte die Vermutung, daß die fragliche Oscillatoria Meyens eine Beggiatoa, also eine Bakterie wäre. Ich habe aus diesem Grunde verschiedene marine und Süßwasser-Beggiatoen auf ihr Leuchtvermögen geprüft, habe aber stets negative Resultate erhalten. Auch gibt Meyen an, daß seine Oscillatoria von Schleim umhüllt sei; dies ist aber meines Wissens bei keiner bekannten Beggiatoa der Fall.

Ehrenberg[2]) will in dem funkelnden Meerwasser bei Sorrent auch eine Diatomee Discoplea sorrentina gefunden haben, die angeblich leuchten soll. Er bildet ihre Formen ab und sagt von ihnen: „Sie erschienen um so interessanter, als es die ersten kieselschaligen Bacillarieen-Formen waren, welche als wahrscheinlich funkelnd hatten beobachtet werden können, während 1872 noch viele andere wahrscheinlich geworden sind."

Obwohl ich nicht bestreiten will, daß Diatomeen Licht produzieren könnten und in der Reihe der Algen unter den Kieselalgen noch am ehesten leuchtende Formen aufgefunden werden dürften, müssen wir doch die erwähnte Angabe Ehrenbergs, bevor sie eine Bestätigung erfährt, mit einiger Reserve aufnehmen und als noch zweifelhaft hinstellen.

Auf Grund dieser Ausführungen und Beobachtungen gelangen wir daher zu folgendem Ergebnis.

---

derselben an den lebenden Tieren zu wiederholten Malen überzeugt habe. — Ueber das Leuchten von Echinodermen und der Tiere überhaupt vergleiche man die ausgezeichnete Abhandlung von E. Mangold l. c. und das Sammelreferat von A. Pütter, Leuchtende Organismen. Zeitschr. f. allgem. Physiol. Bd. V. p. 17.

1) Zitiert nach H. Gadeau de Kerville l. c. p. 17.

2) Ehrenberg, C. G., Die das Funkeln und Aufblitzen des Mittelmeeres bewirkenden unsichtbaren kleinen Lebensformen. Festschr. z. Feier d. hundertjähr. Bestehens der Ges. naturf. Freunde zu Berlin. Berlin 1873. p. 1—4.

Es ist bisher — falls wir die Peridineen einschließlich der Pyrocysteae, über welche im nächsten Kapitel gesprochen werden soll, nicht zu den Algen rechnen — mit Sicherheit keine einzige Alge aufgefunden worden, welche imstande wäre, selbständig Licht hervorzurufen. Wenn Algen selbständig zu leuchten scheinen, so handelt es sich entweder um ein Lichtreflexphänomen, wie bei zahlreichen Florideen und bei Chromophyton Rosanoffii Wor., oder es handelt sich um eine Lichtentwickelung von Tieren, die auf den Algen leben. Diese scheinen, wenn sie im Finstern zwischen den Händen gerieben werden, Licht in Form eines phosphoreszierenden Scheins oder in Form von mehr mindergroßen Lichtpunkten zu entwickeln. Bei genauer Betrachtung aber ergibt sich, daß nicht die Alge, sondern die auf denselben sitzenden Tiere das Licht produzieren, z. B. gewisse Bryozoen (Membranipora pilosa), Würmer (Nereis cirrigera, Heterocirrus saxicola Gr.) oder der winzige Schlangenseestern Amphiura squamata Sars[1]).

1) In dem bereits angeführten Buche von H. Gadeau de Kerville findet sich auf p. 17 und den folgenden ein eigenes Kapitel über leuchtende Algen. Allein dies beruht auf einem vollständigen Mangel der einfachsten systematischen Kenntnisse in der Botanik, wie gleich der erste Satz dieses Abschnittes beweist: „Die zur Zeit gekannten leuchtenden Algen gehören sämtlich zur Familie der Bakterien.“ Also die Bakterien rechnet der Autor zu den Algen. Derlei Entgleisungen sollten einem Schriftsteller, der über Pflanzen schreibt, auch wenn er nicht Botaniker sein sollte, nicht passieren.

II.

Ueber das Leuchten der Peridineen.

A. Die marinen Peridineen.

Die früher so stiefmütterlich behandelten Peridineen erfreuen sich gegenwärtig großer Aufmerksamkeit seitens der Forscher und stehen vielfach im Vordergrunde des Interesses. Ehedem fast ausschließlich von den Zoologen in Anspruch genommen, werden sie jetzt namentlich wegen ihres Besitzes von braunem Farbstoff, von Chlorophyll und Kohlensäure assimilierenden Chromatophoren von den Botanikern bald zu den Algen bald zu den Flagellaten gestellt. Die Planktonstudien auf dem Meere zeigten klar und deutlich, welch dominierende Rolle den Peridineen im Plankton der See zufällt[1]), und die folgenden Ausführungen werden zeigen, welch großen Anteil sie an dem prächtigen Schauspiel des Meeresleuchtens haben. Auf der Naturforscherversammlung zu Hamburg im Jahre 1830 legte Michaelis eine kleine Schrift vor, aus der hervorgeht, daß bei Kiel das Leuchten des Meeres nur durch lebende „Leuchtinfusorien" erzeugt wird.

Ehrenberg[2]), der sich für die Sache lebhaft interessierte, bat Michaelis, ihm einige Fläschchen mit Kieler Meerwasser nach Berlin zu übersenden. Er erhielt im Oktober die Sendung, und obwohl dieselbe schon 10 Tage alt und die meisten Tiere bereits tot waren, fand er darin einen kleinen Wurm, der auf Reizung mit verdünnter

1) Schütt, G., Die Peridineen der Planktonexpedition. 1. T. Studien über die Zelle. Ergebnisse der Planktonexpedition. Bd. IV. Vgl. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien. 143.—145. Lfg. Peridiniales. Leipzig 1896.

2) Ehrenberg, C. G., Ueber einen neuen, das Leuchten der Ostsee bedingenden, lebenden Körper. Poggendorffs Annal. der Physik und Chemie. Bd. XXXIII, der ganzen Folge Bd. IC. 1831. p. 147 ff. Vgl. auch Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres l. c. p. 504.

Salzsäure deutlich leuchtete und von ihm als Polynoë fulgurans beschrieben und abgebildet wurde.

1832 sandte Michaelis abermals Flaschen mit Kieler Meerwasser an Ehrenberg, und nun konnte sich dieser von der Richtigkeit der Michaelisschen Beobachtung überzeugen, derzufolge Peridineen das Leuchten verursachen können. Nach den Untersuchungen Ehrenbergs waren es besonders die Peridineen: Peridinium tripos, P. fusus, P. furca und Prorocentrum micans, die bei Reizung mit etwas Säure Lichtfunken gaben.

Als der genannte Autor 1858 sich auf einer Reise in das südliche Italien befand und in Neapel weilte, widmete er dem Meeresleuchten, das er in begeisterten Worten schildert, seine Aufmerksamkeit [1]).

Mit einem Schöpf- und Filtrierapparat, bestehend aus einem langen Messingstab und einem daran befestigten Leinwandbeutel, konnte er die leuchtende Substanz konzentrieren und gleichzeitig beobachten, daß das abfließende Wasser lichtlos war. „Diesen so konzentrierten Leuchtstoff, welcher ohne Uebertreibung allemal geschmolzenem glühenden Metalle glich, nahm ich in kleinen Glasflaschen mit nach der Wohnung und stellte sofort in der Nacht noch die nötigen ersten Untersuchungen mit 300maliger Vergrößerung an. Es ergab sich daraus, daß die ganze große Erscheinung augenscheinlich durch unberechenbar zahlreiche mikroskopische Tierchen der Gattung Peridinium gebildet wurde.“ Diesem kleinen Wesen, das dem Glenodinium tabulatum höchst ähnlich war, gab er den schönen Namen Peridinium Splendor maris.

Im September 1859 untersuchte Ehrenberg [2]) auch das Funkeln des Meeres in Triest. Die Erscheinung war jedoch zu dieser Zeit außerst schwach, die Lichtpunkte blieben in dem geschöpften Wasser stets vereinzelt. Obwohl das lichtlose und das lichtgebende Wasser von zahllosen Individuen der Gattungen Paramaecium, Bursaria, Enchelys, Colpoda und Euplotes wimmelte, erkannte er doch wieder nur Peridineen als lichtgebend, und zwar das Peridinium tripos, dessen Leuchten Michaelis in Kiel entdeckt hatte, ferner Prorocentrum micans, Peridinium furca und P. fusus.

Viel später hatte auch der um die Erforschung der Protozoen so verdiente Prager Zoologe Stein [3]) Gelegenheit in Kiel das Meeresleuchten

---

1) Ehrenberg, C. G., Ueber das Leuchten und über neue mikroskopische Leuchttiere des Mittelmeeres. Monatsschr. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1859. p. 727—738.

2) Ebenda, p. 735.

3) v. Stein, Friedr., Der Organismus der Infusionstiere. III. Abt. 2. Hälfte. Leipzig 1883. p. 16.

im kleinen, d. h. im Zimmer zu sehen, vorausgesetzt, daß das Wasser in den Gläsern und Tellern lebende Individuen von Ceratium tripos, C. fusus, Peridinium divergens etc. enthielt. Er entwirft von diesem Schauspiel einen so zutreffenden, mit meinen eigenen Erfahrungen so übereinstimmenden Bericht, daß ich denselben mit Steins eigenen Worten anführen will: „Stieß ich mit dem auf der einen Seite erhobenen Teller gegen die Tischplatte oder rührte ich den Bodensatz mit einem Haarpinsel auf, so blitzten an verschiedenen Stellen kleinere oder größere leuchtende Punkte auf, fuhren einige Augenblicke gleich aufgescheuchten Tieren hin und her und erloschen dann. Nicht selten schoß ein größerer leuchtender Punkt wie eine Rakete von einem Rande des Tellers quer durch das Wasser zum gegenüberliegenden Rande und blieb hier noch einige Augenblicke fortleuchtend ruhig liegen. Auch in nicht angerührten Tellern sah ich öfters nach längerem geduldigen Warten plötzlich vom Grunde einen Funken senkrecht aufsteigen oder in horizontaler Richtung langsam dahinschießen. Die Funken rühren, davon überzeugt man sich sehr leicht, von mikroskopisch kleinen Tieren her, die nicht an und für sich selbst, sondern nur in den Momenten starker Bewegung und Erregung leuchten. Ihre Bewegungen gleichen genau denen der Peridiniden, Dinophysiden und Prorocentrinen, und da das Wasser nur dann Funken gibt, wenn es von Mitgliedern dieser Familie belebt ist, so müssen diese die Ursache des Leuchtens sein."

Stein betont mit Recht, daß es zu den überaus schwierigen und mühsamen Experimenten gehört, genau die einzelnen Arten zu bestimmen, welche das Leuchten hervorbringen, und daß er, von des Tages Arbeit ermüdet, derartige Versuche nicht ungestraft vornehmen konnte. „So viel aber kann ich mit Bestimmtheit behaupten, daß die stets in überwiegender Anzahl vorhandenen Ceratium tripos und C. fusus die größeren Funken hervorbrachten, und daß die kleineren von dem nicht minder häufigen Prorocentrum micans herrührten" [1]).

In neuerer Zeit hat Reinke [2]) das Leuchten von Ceratium tripos in seiner Abhängigkeit von äußeren Reizen studiert. Er erwähnt, daß zur Spätsommer- und Herbstzeit das Meeresleuchten im Kieler Hafen in ausgezeichneter Schönheit zu beobachten sei, vorzugsweise durch Peridineen, von denen Ceratium tripos im Plankton vorherrsche, erzeugt.

---

1) v. Stein, Friedr., l. c. p. 17.

2) Reinke, J., Ueber das Leuchten von Ceratium tripos. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, herausgegeben von d. Komm. zur wiss. Unters. d. deutsch. Meeres in Kiel und der Biolog. Station auf Helgoland. N. F. Bd. III. Abt. Kiel. 1898. p. 37.

Nach Reinke erwiesen sich, wie dies für tierische Leuchtorganismen seit langem bekannt ist, auch die Peridineen gegen Stoß und Schlag, gegen Erwärmung, gegen chemische Reize verschiedener Art, sowie gegen elektrische Einwirkung reizbar, indem sie auf all diese äußeren Faktoren mit einer Entwickelung von Licht antworten.

Anknüpfend an die Versuche von Reinke hat später Zacharias[1]) sich namentlich mit der Einwirkung chemischer Reize auf Ceratium tripos beschäftigt und insbesondere mit Jod, Quecksilberchlorid und Formalin feuerwerkartiges und mit Urannitrat ein relativ lang andauerndes Aufleuchten erzielt. Der genannte Forscher gibt an, daß er an Ceratien, die er am 28. Oktober morgens im Kieler Hafen auffischte und dann in Plön alsbald untersuchte, beobachtet habe, daß die Ceratien während des Tages nicht leuchteten, wohl aber von 5 Uhr nachmittags an. Dann wurden sie leuchtfähig und blieben es bis spät in die Nacht. Dasselbe konnte auch am 2. und 3. Tage beobachtet werden. Diese Beobachtung bedarf meiner Ansicht nach einer Revision, weil vielleicht der Beobachter nicht beachtet hat, daß das menschliche Auge während der Tageshelle geringe Helligkeiten nicht wahrnimmt, abends aber zur Zeit der Dämmerung leicht in den Zustand der Dunkeladaption gelangt und dann außerordentlich geringe Helligkeiten empfindet. Eine Nachprüfung wäre um so mehr am Platze, weil Zacharias diese Beobachtung nur einmal gemacht hat, mit anderem Versuchsmaterial aber auch bei Tage Aufleuchten beobachten konnte.

Zacharias hat auch die Frage nach der biologischen Bedeutung des Aufleuchtens der Ceratien aufgeworfen und darüber folgende Vorstellung entwickelt: Die Ceratien werden von Copepoden massenhaft gefressen. Die Copepoden sollen, da sie lichtscheu sind, „die von den Ceratien erhellten Wasserschichten“ fliehen und in dunklere Regionen hinabflüchten. Dadurch werden die Ceratien vor dem Gefressenwerden während der Nacht geschützt. Zacharias erblickt also in dem Lichte der Ceratien ein Schreckmittel, das die Copepoden vertreiben soll. Er scheint anzunehmen, daß die Ceratien die Meeresoberfläche andauernd erhellen, das ist aber nach meinen Erfahrungen, die ich in der Adria gemacht habe, nicht der Fall, die Ceratien leuchten gewöhnlich nur auf Reize, blitzartig oder nur ganz kurze Zeit. Von einer andauernden Erhellung des Wassers ist nichts zu sehen. Daher erscheint mir die von Zacharias entwickelte Ansicht nicht plausibel, denn wenn die Copepoden nur hier und da einen Lichtblitz sehen und sie diesen

1) Zacharias, O., Beobachtungen über das Leuchtvermögen von Ceratium tripos (Müll.). Biolog. Centralbl. Bd. XXV. 1905. p. 20—30.

wirklich fliehen sollten, so ist doch nicht einzusehen, warum sie gerade in die Tiefe ausweichen sollten, die Lichtblitze kommen ja von allen Seiten und nicht bloß von oben.

Ich darf nicht verschweigen, daß trotz der Vertrauen erweckenden älteren Angaben Ehrenbergs und anderer Forscher es nicht an Stimmen fehlt, die das Leuchtvermögen der Peridineen nicht bloß in Zweifel ziehen, sondern geradezu in Abrede stellen. So spricht sich Gourret in seinem ausführlichen Werke[1]) darüber in folgender Weise aus: Die Phosphoreszenz der Peridineen und insbesondere von Ceratium wurde 1830 von Michaelis auf Grund einer Untersuchung von Ceratium tripos mitgeteilt. Diese Versuche wurden von Ehrenberg bestätigt und von Dujardin wurde auch für Ceratium fusus das Leuchten konstatiert. Hingegen ergaben die darauf bezüglichen Versuche von Claparède und Lachmann[2]) ein negatives Resultat. Die Schlüsse dieser hervorragenden Naturforscher scheinen nicht allgemein angenommen worden zu sein und einzelne Naturforscher behaupten noch immer, daß die Peridineen im Finstern leuchten. Diese Ansicht basiert einzig auf der Tatsache, daß, wenn man Wasser, in welchem sich unter anderen Tieren Peridineen befinden, untersucht, man Spuren von Phosphoreszenz feststellen kann. Um den Schluß ziehen zu dürfen, daß die Peridineen leuchten, müßte man direkt auf die Phosphoreszenz nur dieser Leuchtwesen allein prüfen, doch haben solche Versuche nach Gourret ein ganz negatives Resultat ergeben (p. 23), nicht bloß bei Ceratium, sondern auch bei Peridinium.

Gourret leugnet das Leuchtvermögen der Peridineen daher vollends.

Während eines mehrwöchigen Aufenthaltes in Triest im Sommer 1902 benützte ich die Gelegenheit, um das Meeresleuchten hier genauer zu verfolgen, die daran beteiligten Organismen kennen zu lernen und mir in exakter Weise die Gewißheit zu verschaffen, ob die Peridineen leuchten oder nicht.

Am 28. August 9 Uhr abends fuhr ich, begleitet von zwei Fischern, in einem Boote bei einer Lufttemperatur von 25° C und einer Wassertemperatur von 22° C hinaus in die Umgebung des Leuchtturms. So wie man auf die im Wasser schwimmenden leuchtfähigen Lebewesen

---

1) Gourret, P., Sur les Péridiniens du golfe de Marseille. Annales du musée d'histoire nat. d. Marseille. Zoolog. T. I. 1883.

2) Claparède, E. und Lachmann, J., Etudes sur les infusoires et les rhizopodes. Genève 1858—1859. Die beiden Forscher sagen mit dem Hinweis auf die Lichtexperimente von Michaelis und Ehrenberg: „Des expériences répétées sur ce sujet (surtout avec le C. tripos) ne nous ont conduits qu'à des résultats négatifs" p. 394.

einen Reiz ausübte, sei es durch das Ruder, sei es durch die Hand oder durch das Planktonnetz, erglänzte das Wasser in kleinen, herrlichen Lichtpunkten. Die eintauchenden Ruder erzeugten phosphorische Lichtwellen, und das von den Rudern abtropfende Wasser gab neues Licht. Wenn das Schauspiel auch nicht jene zauberhafte Wirkung auf mich ausübte, wie an verschiedenen anderen Punkten der Erde, so in der Umgebung der Insel Elephanta bei Bombay, in Penang, an der javanischen Küste und bei Honolulu [1]), weil es nicht mit solcher Intensität auftrat, so war das Funkeln während des August und September doch immer sehr deutlich, freilich je nach der Witterung in verschiedenem Grade.

Einen geradezu wunderbaren Anblick gewährte das untergetauchte und nachgezogene Planktonnetz, das beim Herausziehen an tausenden Punkten aufblitzte und einer phosphorisch leuchtenden Milchstraße glich.

Wenn ich aus einem Fläschchen auf die ruhige Oberfläche des Wassers ein paar Fingerhut voll Schwefelsäure, Salzsäure, Alkohol oder Kalilauge goß, so blitzte das Meer an solchen, vorher ganz dunklen Stellen gleich einem Raketenfeuer in Tausenden Sternchen auf, die oft eine halbe Minute andauerten und tiefer unten längs der sich bildenden Schlieren von neuen Lichtpunkten abgelöst wurden, bis nach ein oder zwei Minuten wieder alles dunkel wurde.

Da ich bei meinen ersten Fahrten in Triest bald herausfand, daß hier das Meeresleuchten zur Zeit meiner Beobachtungen fast ausschließlich von mikroskopisch kleinen Organismen hervorgerufen wird, fischte ich mit einem kleinen Netz feinster Sorte, durch welches, abgesehen von Nanoplankton, das ganze Plankton zurückgehalten wurde. Mit dem eben geschöpften Material eilte ich sofort in die zoologische Station, um mich an die Untersuchung zu machen. Ich fand im Plankton:

Sehr viele Peridineen, und zwar Dinophysis sp., Ceratium furca Duj., C. fusus, C. candelabricum Stein, C. tripos Nitsch. und Peridinium divergens Ehbg., ferner Infusorien, namentlich Tintinnus Campanula und Crustaceen verschiedener Art.

---

1) Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß man sich das Schauspiel des Meeresleuchtens bei einer Reise auf dem Meere nicht selten auch in der Badekabine verschaffen kann, wenn man den Wasserhahn öffnet und das Meerwasser im Finstern in die Wanne einfließen läßt. Der Wasserstrahl erscheint dann von Lichtfunken reichlich durchsetzt und der Badende sieht seinen Körper von dem Lichte hunderter kleiner Sternchen magisch erleuchtet. Gelegentlich einer Reise um die Erde konnte ich namentlich in der Nähe des Aequators das Meeresleuchten auf diese Weise oft beobachten.

Es war nun die Frage zu beantworten, welche von diesen Organismen an dem Leuchten beteiligt waren, und die Lösung dieser Frage erfordert, wenn sie exakt beantwortet werden soll, viel Geduld und Vorsicht. Nach verschiedenen tastenden Versuchen gelangte ich in folgender Weise zum Ziele. Ich goß auf ein kleines Uhrgläschen eine kleine Probe des möglichst frischen Planktons und orientierte mich zunächst mit dem Simplex. Mittels einer feinen Glaskapillare heberte ich etwas von der Planktonprobe ab und brachte sie auf einen Objektträger, indem ich sie durch Einblasen von Luft in die Kapillare auf mehrere außerordentlich kleine Tröpfchen verteilte. In vielen dieser Tröpfchen fanden sich trotz ihrer Kleinheit noch immer ein oder mehrere Organismen, aber es ergaben sich auch Tröpfchen, wo nur ein einziger Organismus — vielleicht abgesehen von Bakterien, die nicht störten — vorhanden war. Auf diese Weise hatte ich die das Plankton bildenden Lebewesen vollständig isoliert. Wenn man nun auf die Unterseite eines horizontalen Deckgläschens einen großen Tropfen destillierten Wassers bringt und das Deckglas mit dem Wassertropfen auf das kleine Tröpfchen, in dem sich nur ein einziges Lebewesen vorfand, im Finstern, nachdem man die Augen durch etwa 10 Minuten schon früher an die Finsternis gewöhnt hatte, fallen ließ, so entstand im Momente der Vereinigung der Tröpfchen oder wenige Augenblicke darauf infolge des durch das destillierte Wasser ausgeübten Reizes stets ein deutlich wahrnehmbarer Lichtblitz, wenn ich einen Leuchtorganismus vor mir hatte. Anstatt destillierten Wassers kann man auch verdünnte Salz-, Schwefelsäure oder Alkohol nehmen, aber ich gab schließlich dem destillierten Wasser den Vorzug, weil es zur Hervorrufung des Aufleuchtens die besten Dienste leistete.

Indem ich nun in der angegebenen Weise die einzelnen Planktonwesen durchprüfte, bekam ich bei Peridinium divergens Ehbg. stets das Aufblitzen, bei den anderen Organismen aber nicht. Hierbei muß bemerkt werden, daß die meisten Peridineen außerordentlich empfindlich sind, so daß sie schon, unmittelbar nach dem Einfangen, geschwächt oder tot im Laboratorium zur Untersuchung gelangen. Nur die Crustaceen, Infusorien und Peridinium divergens waren frisch und erhielten sich längere Zeit lebendig. Die anderen Peridineen zeigten, wahrscheinlich weil sie schon tot oder dem Absterben nahe waren, das Aufblitzen nicht. Jedenfalls geht aus meinen Beobachtungen mit Gewißheit hervor, daß entgegen der Ansicht von Gourret, marine Peridineen Licht entwickeln können, und daß das in großen Mengen vorkommende Peridinium divergens Ehrenbg. speziell im Hafen von Triest an dem

Meeresleuchten einen hervorragenden Anteil hat. (Siehe Fig. 4 und 5.)

In die Nähe der Peridineen stellt man heute eine noch wenig bekannte Gruppe von Wesen mit gelben Chromatophoren, die Pyrocysteae, deren Arten zu leuchten vermögen. Sie stellen behäutete, einzellige Organismen dar, gewöhnlich von der Gestalt einer Kugel, eines Halbmonds oder einer Spindel. Nach Schütt[1]) lassen sich alle bisher bekannten Formen noch in der Gattung Pyrocystis (siehe Fig. 6) vereinigen. Pyrocystis noctiluca und P. fusiformis wurden von der Challenger-Expedition im tropischen und subtropischen, also nur im warmen Wasser gefunden. Dasselbe gilt auch von den neueren Species, die während der Plankton-Expedition der Humboldstiftung entdeckt wurden. Ebenso wie der Bau und die systematische Stellung dieser

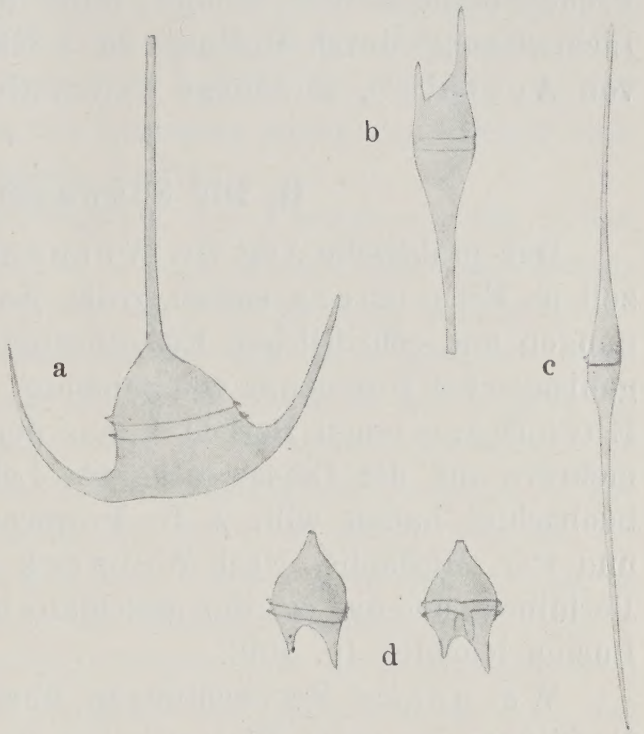


Fig. 4. Peridineen aus dem Meeresplankton von Triest. a Ceratium tripos Nitsch, b Ceratium furca Duj., c Ceratium fusus, d Peridinium divergens Ehrenbg. Halbschematisch. Vergr. 236. Original.

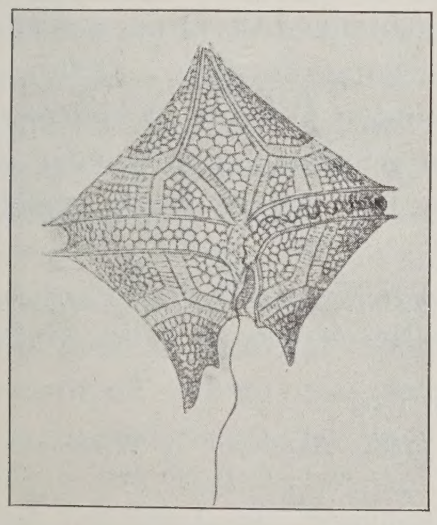


Fig. 5.

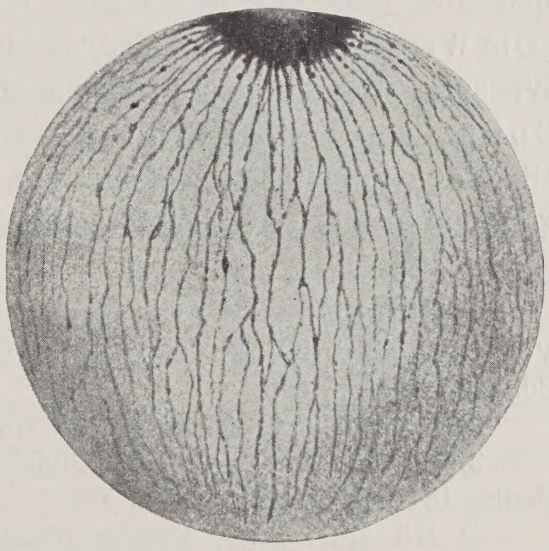


Fig. 6.

Fig. 5. *Peridinium divergens* Ehrenbg. Stark vergr. Nach Schütt.
Fig. 6. *Pyrocystis noctiluca* Murray. (Nach Chun.)

1) Schütt, F., Das Pflanzenleben der Hochsee, p. 38. Kiel u. Leipzig 1893.

Lebewesen noch wenig bekannt sind, so liegen meines Wissens noch so gut wie keine genaueren Beobachtungen über ihre Lichtproduktion vor. Das Einzige, was ich darüber vorfand, sind die Angaben von Blackman[1]), der Gelegenheit hatte, das Leuchten von Pyrocystis Pseudynoctiluca Wyv. Thoms. unter dem Mikroskop zu sehen und die Lichtwirkung durch Reizung zu verlängern. Und ferner die Angabe von Apstein[2]), derzufolge Pyrocystis lunula leuchtet.

B. Die Süßwasser-Peridineen.

Der praktische Arzt Dr. Werneck in Salzburg übersandte seinerzeit an Ehrenberg sieben große Folio-Tafeln mit zahlreichen Zeichnungen und schriftlichen Erläuterungen über die mikroskopischen Organismen der Umgebung von Salzburg. Ueber diese Untersuchungen gab Ehrenberg einen Bericht[3]), aus dem ich entnehme, daß Werneck mehrere aus der Ostsee bekannte Lebewesen auch im süßen Wasser beobachtet haben will, z. B. Prorocentrum micans, Peridinium furca und Per. Michaelis. Nach Werneck sollen die zwei zuletzt genannten Peridineen und das von ihm gleichfalls bei Salzburg gefundene Peridinium Lucina leuchten (p. 109).

Wernecks Beobachtungen über das Vorkommen von marinen Peridineen im süßen Wasser haben bis auf den heutigen Tag keine Bestätigung gefunden[4]), und seine Behauptung über das Leuchten von Süßwasserperidineen entbehrt, obwohl man sich gerade in neuerer Zeit mit diesen Organismen vielfach abgegeben hat, jeder Stütze. Dasselbe läßt sich von den Angaben Ferd. Cohns sagen, der in einem Aufsatze „Die Welt im Wassertropfen“ [5]) über ein leuchtendes Ceratium des süßen Wassers eine poetisch angehauchte Schilderung entwirft. Später hat Cohn in der ersten Auflage seines bekannten Werkes „Die Pflanze“ 1882 den erwähnten Aufsatz mit geringen Abweichungen wieder aufgenommen und nun das Leuchtwesen als Peridinium furca, welches,

---

1) Blackman, V. H., Observations on the Pyrocysteae. The new Physiologist Vol. I. Oktober 1902. No. 8. p. 187—188. Ein Referat darüber im Botan. Centralbl. Bd. XC. 1902. p. 646.

2) Apstein, C., Tierleben der Hochsee. Kiel 1905.

3) Bericht über die Verhandlungen d. kgl. preuß. Akademie d. Wissensch. zu Berlin. 1841. p. 102.

4) Bütschli, O., Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. I. Protozoa. 2. Abt. 1883—1887. p. 1023 ff.

5) Unterhaltungsblätter aus dem Gebiet der Natur, herausgegeben vom österreichischen Lloyd in Triest. 1856. p. 43, zitiert nach F. Ludwig, Botan. Centralbl. Bd. LXXVI. 1898. p. 295.

nebenbei bemerkt, nur im Meerwasser bisher mit Sicherheit gefunden wurde, bezeichnet. In der zweiten Auflage seines zitierten Werkes von 1897 spricht der genannte Autor überhaupt nur mehr vom Leuchten der marinen Peridineen, von der Lichtentwickelung von Süßwasserperidineen findet sich darin kein Wort mehr, wahrscheinlich deshalb, weil, wie ich aus einer Bemerkung von F. Ludwig[1]) (Botan. Centralbl. 1898, p. 298) ersehe, schließlich Cohn zu der Ansicht neigte, daß auf den Peridineen lebende Photobakterien das Leuchten seiner angeblichen Süßwasserperidineen hervorgerufen haben dürften.

Die Frage nach der Leuchtfähigkeit der Peridineen des süßen Wassers wurde in neuerer Zeit von F. Ludwig, der seit einer langen Reihe von Jahren der Lichtentwickelung der Pflanze große Aufmerksamkeit geschenkt hat, von neuem aufgeworfen und im negativen Sinne beantwortet. Bei der Untersuchung zahlreicher Teiche in der Umgebung von Greiz (Thüringen) auf Plankton, traf er Ceratium hirundinella in solcher Menge, daß die Individuen in dem geschöpften Plankton in ungeheuerer Zahl nebeneinander lagen, und zwar so dicht, wie das im leuchtenden Meerwasser kaum der Fall sein dürfte. Und doch gelang es dem genannten Autor trotz vielfacher Bemühungen niemals, ein Leuchten zu beobachten. Da er seine Untersuchungen erst 1—2 Stunden nach dem Fange anstellen konnte, nach welcher Zeit die Ceratien ihre Beweglichkeit schon eingebüßt zu haben schienen, so hält er es für möglich, daß vollständig frisches Material von Ceratium oder anderen Süßwasser-Peridineen doch noch zum Leuchten gebracht werden könnte[1]).

Aus der vorstehenden Literaturübersicht erhellt, daß die Fähigkeit zu leuchten, bei Süßwasserperidineen recht zweifelhaft ist; daher habe ich es unternommen, dieser Frage gleichfalls näher zu treten. Meine zunächst zur eigenen Belehrung und zu verschiedenen anderen Zwecken unternommenen Planktonstudien belehrten mich bald, daß in unseren süßen Wässern Peridineen, wie dies auch schon von anderer Seite (Schilling, O. Zacharias, Ludwig u. a.) dargetan wurde, eine häufige Erscheinung darstellen, und daß es nicht schwer fällt, sich Peridineen in mehr minder großer Menge zu verschaffen. Die Planktonforschungen haben, dies zeigt sich auch wieder so recht in diesem Falle, neben vielen anderen Dingen auch das Eine gelehrt, wie man sich gewisse Organismen, die sonst nur ganz vereinzelt zu haben wären, in großer Menge für das Experiment verschaffen kann.

---

1) Ludwig, F., Leuchten unsere Süßwasserperidineen? Botan. Centralbl. Bd. LXXVI. 1898. p. 295—300.

Während eines mehrwöchigen Aufenthaltes in Kitzbühel in Tirol (1902) untersuchte ich fast täglich den in der Nähe liegenden Schwarzsee auf sein Plankton [1]).

Während der Monate Juli und August waren darin hauptsächlich zwei Peridineen in großer Menge vertreten: Ceratium hirundinella O. Fr. Müller (C. macroceras Schrank) und Ceratium cornutum Clapar. und Lachm. (C. tetraceras Schrank).

Kleine Schälchen oder kurze Eprouvetten wurden mit möglichst frischen Planktonproben, in denen neben anderen Pflanzen und Tieren hunderte lebhaft bewegliche Individuen der beiden genannten Ceratium-Arten vorhanden waren, beschickt und sodann während der Nacht in vollständiger Finsternis mit ausgeruhten Augen in der Weise auf ihr Leuchtvermögen geprüft, daß die Proben entweder durch Stoßen stark erschüttert oder mit mehreren oder vielen Tropfen von Schwefel-, Salz-, Salpetersäure, Alkohol, Formol oder Kalilauge versetzt wurden. Soweit unsere Erfahrungen reichen, blitzen alle auf Reize plötzlich lichtproduzierende Lebewesen auf solche Einwirkung momentan auf. Dies war aber trotz vielfacher Wiederholung mit möglichst frischem Peridineenmaterial niemals der Fall.

Als ich im Monate August Gelegenheit hatte, frisch geschöpfte Planktonproben aus dem Achensee (Tirol), in welchem Ceratium hirundinella in ungeheurer Menge vorkam, in der angegebenen Art auf ihr Leuchten zu untersuchen, kam ich zu demselben negativen Resultat.

Zur selben Zeit bestieg ich den in der Nähe von Kitzbühel liegenden Juffenberg, hauptsächlich zu dem Zwecke, um den auf demselben in einer Höhe von beiläufig 1800 m liegenden, kleinen, tümpelartigen Teich auf Plankton zu untersuchen.

Das Wasser dieses kleinen, ganz flachen Beckens, zu dem die Kühe während des Sommers zur Tränke kamen und in dem sie an heißen Tagen auch lagern, führte neben zahlreichen Crustaceen und anderen Tieren auch in großer Zahl das Peridinium cinctum Ehrenbg. In der Nacht desselben Tages zeigten die Peridineen noch ihre lebhaften Bewegungen; als ich sie aber in vollständiger Finsternis in verschiedener Weise reizte, erschien nicht ein einziger Lichtfunke.

Im Sommer und Herbste 1892 trat im großen Bassin des deutschen botanischen Gartens zu Prag, neben Volvox minor Stein, Peridinium

---

1) Die verschiedenen in diesem Plankton vorkommenden Lebewesen hat Herr Dr. Otto Zacharias (Plön) auf Grund zweier von mir übersandten Proben genau bestimmt: Siehe Zacharias, O., Zur biologischen Charakteristik des Schwarzsees bei Kitzbühel in Tirol. Biol. Centralbl. Bd. XXII. 1902. S. 701. Derselbe Autor bestimmte auch die Planktonprobe, die ich ihm vom Achensee zur Verfügung stellte. Ebenda.

bipes Stein in beträchtlicher Menge auf. Ich hatte Gelegenheit, durch Monate hindurch mir fast täglich frisches Material mit dem Planktonnetz zu verschaffen und im ganz frischen Zustande zu prüfen — aber wieder ohne jeden Erfolg.

Ludwig[1]) glaubte, den Widerspruch der Cohn-Werneckschen Beobachtungen mit den seinigen durch folgende Erwägungen in Einklang bringen zu können:

1. Sein (Ludwigs) Material war, da es erst ein bis zwei Stunden nach dem Fang zur Beobachtung gelangte, nicht mehr intakt und schien seine Beweglichkeit und vielleicht seine Leuchtfähigkeit eingebüßt zu haben.

2. Es konnte sich bei den Cohn-Werneckschen Untersuchungen um marine Formen in einem Binnengewässer gehandelt haben.

3. Es konnte das Leuchten durch Photobakterien bedingt gewesen sein, die parasitisch auf oder in den Peridineen leben, ähnlich wie dies bei dem von Giard und Billet beobachteten Leuchten von Flohkrebsen (Gammarus, Talitrus, Orchestes etc.) der Fall ist, wenn sie sich beim Fressen leuchtender Fische mit Leuchtbakterien infizieren. Es erscheint Ludwig dies um so wahrscheinlicher, weil Cohn nach einer brieflichen Mitteilung Migulas später der Ansicht zugeneigt haben soll, daß seinem Ceratium photogene Bakterien angehaftet haben könnten.

In Erwägung dieser von Ludwig hervorgehobenen Möglichkeiten möchte ich zunächst bemerken, daß ich selbst bei sehr lebhaft beweglichen Süßwasserperidineen niemals Lichtentwickelung nachweisen konnte.

Was die Angaben von dem Vorkommen mariner Formen in Binnenseen anbelangt, so traue ich mir in diesem Punkte kein Urteil zu und stütze mich lieber auf das Urteil eines in solchen Dingen gewiß erfahrenen Mannes, nämlich Bütschli, der alle einschlägigen Angaben für unbewiesen und zweifelhaft hält und der speziell von den oft zitierten Angaben Wernecks über das Vorkommen dreier mariner Formen bei Salzburg sagt: „Ich für meine Person hege keinen Zweifel, daß Wernecks Angaben auf irrtümlichen Deutungen beruhen, denn niemand anders fand diese Formen im süßen Wasser“ [2]). Gegen die zuletzt angeführte Möglichkeit, es könnte das Leuchten sekundär durch Photobakterien hervorgerufen werden, spricht meine vieljährige Erfahrung, daß Bakterien stets kontinuierlich leuchten, während bei den Peridineen

---

1) Ludwig, F., l. c. p. 297.

2) Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. I. Protozoa v. Bütschli. p. 1024.

die Lichtentwickelung nur für wenige Augenblicke, blitzartig und auf äußere Reize erfolgt. Wäre also die von Cohn untersuchte Peridinee von Leuchtbakterien befallen gewesen, so hätte sie andauernd geleuchtet und nicht blitzartig, wie es Cohn schildert. Ich möchte noch auf einen Umstand hinweisen, der ebenfalls gegen die Fähigkeit der Süßwasserperidineen, aktiv Licht zu entwickeln, spricht. Wenn im Meere leuchtende Peridineen auftreten, so kann man ihr Aufblitzen in einfachster Weise durch mechanische Erschütterung, etwa durch den Ruderschlag bei einer Bootfahrt wahrnehmen. In unseren Süßwasserseen der Alpen treten die Peridineen oft in derselben Menge, oft noch in größerer als im Meere auf, und doch hat niemand bisher etwas dem Meeresleuchten Aehnliches in süßen Gewässern beobachten können.

Ich gelange daher zu dem Resultate: die von mir geprüften verschiedenartigen Süßwasserperidineen (Ceratium hirundinella O. Fr. Müller, C. cornutum Clapar. und Lachm., Peridinium bipes Stein und Per. cinctum Ehrbg.) sind im Gegensatze zu gewissen Meeresperidineen nicht imstande Licht zu produzieren, und ich kann hinzufügen, daß mir während meiner mehrjährigen Untersuchungen bis jetzt — vielleicht von Bakterien abgesehen — kein einziges Süßwasserplanktonwesen weder aus dem Pflanzen- noch aus dem Tierreich untergekommen ist, welches Licht zu erzeugen imstande gewesen wäre.

III.

Das Leuchten der Pilze.

a) Hyphomyceten.

A. Das Leuchten des Holzes.

1. Historisches.

Es dürfte wenige physiologische Erscheinungen geben, die schon so frühzeitig die Aufmerksamkeit der Menschen in so hohem Grade erregt haben wie das Leuchten des Holzes. Namentlich in der Zeit des Aberglaubens übte der Anblick leuchtenden Holzes auf die Gemüter einen mächtigen Einfluß, und viele glaubten in dem in der Finsternis magisch leuchtenden Holze allerlei Spuk und Zauberei vermuten zu dürfen.

Die erste, an guten Beobachtungen reiche Bearbeitung der einschlägigen Tatsachen verdanken wir dem um die Lehre von der Phosphoreszenz der Körper so sehr verdienten Placidus Heinrich[1]).

Er gibt bereits an, daß nach seinen Beobachtungen das Holz der Birke, Buche, Eiche, Erle, Esche, echten Kastanie, Tanne, Weißtanne, Föhre, Weide und des Nußbaumes zu leuchten vermag, er glaubt vermuten zu dürfen, daß alle Arten hochstämmiger Gehölze ohne Ausnahme Licht entwickeln könnten und betont, daß in unserem Klima gewöhnlich Erlen-, Weiden-, Föhrenholz, ganz besonders häufig aber das Wurzelholz der Tanne leuchte.

Ueber die Art und Weise, wie man sich leicht phosphoreszierendes Holz verschaffen könne, spricht er sich folgendermaßen aus: „In Gegenden, wo der Holzmangel nicht drückend ist, bleibt beim Fällen der

1) Placidus Heinrich, Die Phosphoreszenz der Körper oder die im Dunkeln bemerkbaren Lichtphänomene etc. III. Abhandl. vom Leuchten vegetabilischer und tierischer Substanzen etc. Nürnberg 1815. p. 313 ff.

Bäume der sogenannte Stock oder Wurzelstrunk manchmal Jahr und Tag in der Erde zurück. Die tiefgesenkten Pfahl- und Seitenwurzeln, mit Erdreich wohlbedeckt, behalten ihren Saft lange Zeit, und streben nach einer neuen Vegetation, die manchmal wirklich wieder beginnt, im widrigen Falle aber nur allmählich abstirbt. Trennt man solche Wurzeln späterhin vom Stamme, hinterlegt man sie zu Haus im Keller, oder einem feuchten Behältnis, und sorgt man für mäßige Befeuchtung, so werden sie unter der Rinde bald zu leuchten anfangen, und lange damit fortfahren; die meinigen waren meistenteils von der Weiß- und Rottanne und von der Eiche“ [1]).

Durch Nachahmung der natürlichen Verhältnisse könne man nach P. Heinrich ebenfalls ziemlich leicht in den Besitz von leuchtendem Holz gelangen. Zu diesem Zwecke wähle man einen gesunden Baum, grabe die stärkeren Aeste nach Beseitigung der dünneren Seitenzweige in die Erde samt der Rinde ein und warte nun so lange, bis der Anfang der Verwesung eintritt. Das Leuchten unter der Rinde werde dann sich bald einstellen.

Es sei auch erwähnt, daß Heinrich bereits Versuche über das Verhalten des leuchtenden Holzes in verschiedenen Flüssigkeiten (Wasser, Weingeist, Aether, Alkalien etc.) und Gasen (Stickstoff, Kohlensäure etc.) und in luftleerem Raume gemacht hat und auf Grund dieser Versuche zu dem Schlusse kam, daß das Leuchten des Holzes abhängig sei von der Anwesenheit atembarer Luft und daß die Erscheinung den Verbrennungsprozessen zuzuzählen sei. Diese Resultate verdienen Beachtung, weil der genannte Autor noch nicht wußte, daß die im Holze wuchernden Pilze das Leuchten veranlassen, sondern das sich zersetzende Holz selbst für leuchtend hielt.

Die richtige Beurteilung vom Phosphoreszieren des Holzes wurde durch die Auffindung leuchtender Pilze angebahnt. Der Bergrat Derschau in Bochum schildert seine, gelegentlich einer Befahrung von Steinkohlengruben gemachten Wahrnehmungen, nachdem er hervorgehoben, daß die in den Gruben vorhandenen hölzernen Türstöcke und Stempel mit Pilzen überzogen seien, in folgender Weise [2]): „Der Steiger bemerkte

1) Heinrich, Pl., l. c. p. 316—317.

2) Flora oder botan. Zeitung. 1823. 6. Jahrg. Bd. I. p. 117 ff. Vgl. ferner Nees v. Esenbeck d. Ae., Nöggerath, Nees v. Esenbeck d. J. u. Bischof, Die unterirdischen Rhizomorphen, ein leuchtender Lebensprozeß. Nova acta phys. med. Acad. L. C. N. C. T. XI. II. p. 603—712, ferner T. XII. p. 2, 875. Einen Auszug über diese Arbeit findet man in der Flora 1824. Bd. II. p. 419. Nach den Angaben von Alex. v. Humboldt (Ueber unterirdische Gasarten, Braunschweig 1799. p. 68) hat zuerst Freyesleben 1796 in den Gruben von Freiberg die Phosphoreszenz der Rhizomorpha beobachtet.

mir, daß man in dieser Strecke an einzelnen Stellen keiner Lampe bedürfe, indem das Holzwerk hinreichend leuchte. Die Grubenlichter wurden dann gelöscht, und es fand sich wirklich die Strecke stellenweise matt, aber doch so weit erleuchtet, daß man die zu nehmende Richtung erkennen konnte. Bei näherer Betrachtung fand ich das Holzwerk mit bläulich leuchtenden Linien und Punkten überzogen, welche die einzelnen Türstöcke und Kappen bezeichneten und an einigen Stellen so hell schimmerten, daß ich bei diesem Schein die Fläche meiner Hand wahrnehmen konnte. Meine Begleiter wollten dies dem faulenden Holze zuschreiben, so oft ich aber nach jenen leuchtenden Punkten griff, gerieten immer Teile der Pflanze . . . . . in meine Hand.“ Eine noch nähere Untersuchung bewies ihm, daß nur die auf dem Holze wachsende Rhizomorpha leuchtet, und zwar hauptsächlich ihre weißlichen Triebspitzen. Wurden sie mit den Fingern gerieben, so leuchteten diese noch einige Sekunden lang.

Eine gute Arbeit über Rhizomorpha und über das Leuchten derselben verdanken wir Schmitz[1]).

Nach diesem Autor, der das Leuchten der Rhizomorphen im Walde und auch sonst unter verschiedenen Umständen im Zimmer beobachtet hat, hängt das Leuchten mit dem Leben auf das innigste zusammen. Nur solange die Pflanze lebt, leuchtet sie. Er ist daher der Meinung, daß das Leuchten des Holzes einer anderen Kategorie von Erscheinungen zugehöre, sich von dem Leuchten der Rhizomorpha wesentlich unterscheide, weil es sich hier im Gegensatze zum Holze um einen Lebens- und Wachstumsprozeß handle (p. 533).

Das Leuchten fand zur Tages- und Nachtzeit statt, auch leuchten nicht bloß die Endspitzen, wie man vielfach glaubte, sondern auch die älteren Teile. Ganz richtig ist auch die Bemerkung, daß die Rhizomorphen unter gleichen Umständen nicht gleich stark leuchten, sondern daß ihre Leuchtkraft nicht bloß von der Temperatur, sondern auch von der inneren Konstitution abhängig ist.

Bekanntlich hielt man die Rhizomorphastränge (Fig. 7) bis zur Entdeckung ihrer Zugehörigkeit zum Hallimasch, Agaricus melleus durch R. Hartig für Repräsentanten einer besonderen Pilzart, namens Rhizomorpha fragilis Roth, oder man betrachtete die subterrane und subkortikale Form als zwei Arten, Rhizomorpha subterranea und R. subcorticalis Persoon.

---

1) Schmitz, J., Ueber den Bau, das Wachstum und einige besondere Lebenserscheinungen der Rhizomorpha fragilis Roth. Linnaea 1843. p. 487.

Merkwürdigerweise leuchtet der Hut des Hallimasch, der doch aus den dunkeln Mycelsträngen der Rhizomorpha entspringt, gar nicht. Doch gibt es mehrere Hymenomyceten, deren Hut leuchtet. So ist nach mehrfachen Angaben nicht daran zu zweifeln, daß von Agarici folgende Licht entwickeln: Agaricus olearius DC. aus Südeuropa, A. Gardneri Berk. (Brasilien), A. igneus Rumph (Amboina)[1]), A. noctilucens Lév.[2]) (Manila), Panus incandescens, Pleurotus japonicus Kaw.[3]) und dann nach der Angabe von Drummond einige nicht näher bestimmte Arten Neuhollands[4]).

Fig. 7. Buchenholzstück mit schwarzen Rhizomorphasträngen und den daraus entspringenden Fruchtkörpern von *Agaricus melleus*.

Bei einem nächtlichen Spaziergange durch die Straßen der Stadt Natividade in der brasilianischen Provinz Goyaz bemerkte Gardner mehrere Knaben, die mit einem leuchtenden Gegenstande spielten, den er anfangs für ein Insekt hielt. Bei genauerem Zusehen fand er aber, daß es ein Blätterpilz, ein Agaricus war, dessen Hutbreite zwischen 1—2½ Zoll schwankte. Er erfuhr von den Knaben, daß der Pilz in großer Menge nicht weit von der Stadt auf den modernden Blättern einer Zwergpalme wächst, und am nächsten Tag hatte er bereits Gelegenheit, sich daselbst den Pilz in großer Zahl zu verschaffen. Der ganze Pilz, den die Bewohner der Stadt „Flor de Coco“ nannten, strahlte ein

1) Rumphius, Herbarium Amboinense. T. VI. p. 130. „Die Pilze leuchten gleich Sternen mit bläulichem Lichte oder wie ein zertretener Tausendfuß.“ Die Eingeborenen tragen den Pilz wie eine Laterne in der Hand, um in der Nacht vom Wege nicht abzuirren.

2) Gaudichaud, Montagne et Léveillé, Botanique du voyage autour du monde exéc. p. Vaillant sur la Bonite en 1836—1873. Paris 1844—1851. T. I. p. 167.

3) Kawamura, Studies on a luminous fungus, Pleurotus japonicus sp. nov. Bot. Mag. Tokyo. T. XXIV. 283. p. 249—260.

4) Flora 1847. p. 756.

mattgrünliches Licht, ähnlich dem der größeren Leuchtinsekten oder dem der Feuerwalzen aus, und zwar in solcher Intensität, daß er im Finstern bei dem vereinten Lichte mehrerer solcher Pilze lesen konnte. Später hat Berkeley diesen Pilz genau beschrieben und Agaricus Gardneri genannt[1]).

Agaricus igneus wurde von Rumph auf der Insel Amboina und Agaricus noctilucens gelegentlich einer Weltumsegelung auf der Insel Manila (Philippinen) entdeckt. Das Leuchten von Panus incandescens kannte die botanische Literatur bisher nicht, ich entnehme aber aus einem Buche Dr. J. Lauterers[2]) darüber folgende interessante Stelle: „Spezifisch australisch ist der im Dunkeln prächtig leuchtende, in ganz Ostaustralien häufige, große, weißliche, um Baumstämme in Gruppen wachsende Blätterpilz Panus incandescens, der am Tage gar nichts Auffallendes zeigt, vielmehr den größeren deutschen Agaricus-Arten völlig gleicht. Wenn man aber des Nachts durch den Busch geht und die Pilze ihr smaragdgrünes Licht erstrahlen lassen, ein Licht, bei dem man in unmittelbarer Nähe gut lesen kann, so gewinnt die liebliche, feenartige Erscheinung sogleich unser Interesse."

Lagerheim bezeichnet Polyporus noctilucens aus Angola, Hennings[3]) Omphalia Martensii Henn. von Borneo, Locellinia illuminans Henn. von Celebes, Loc. noctilucens Henn. von Neupommern als leuchtend. Nach Atkinson soll das Hymenium der in Nordamerika einheimischen Clitocybe illudens (Schwein.) Licht entwickeln[4]).

Gleichfalls in Australien beobachtete Alpine[5]) das Leuchten von Pleurotus candescens, eines in Viktoria und Neusüdwales auf totem Holze häufig auftretenden Pilzes. Im April vom Teestamme abgenommene Exemplare leuchteten mindestens eine Woche. In den ersten zwei Tagen leuchtete auch das Mycel an der Basis des Stieles, sonst aber nur die Fruchtlamellen. In der Literatur fand ich noch die Angabe, daß auch der Gasteromycet Ileodictyon cibarium Tul.[6]) und folgende Agarici leuchten sollen: Ag. phosphorus Berk. in Australien, Ag. Prometheus

---

1) Berkeley, Introduction to Cryptogam. Bot. London 1857. p. 265.

2) Lauterer, J., Australien und Tasmanien. 1900. p. 212. Freiburg i. Br.

3) Hennings, P., Einige neue und interessante Pilze a. d. bot. Museum in Berlin. Hedwigia 1893. Bd. XXXII. p. 63.

4) Derselbe, Ein stark phosphoreszierender javänischer Agaricus. Hedwigia 1903. Bd. XLII. p. 309.

5) D. Mc. Alpine, Phosphoreszierende Pilze in Australien. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales 1909. Vol. XXV. p. 548—562. Ein Referat darüber: Naturw. Rundschau 1901. p. 574.

6) Lendenfeld, R. v., Die Leuchtorgane der Fische. Biol. Centralbl. Bd. VII. 1887. p. 619.

Berk. et C. N. in Hongkong, Ag. lampas Berk. und Ag. illuminans Berk. Die beiden letzten in Australien [1]).

Zu den unter den leuchtenden Hutpilzen am besten studierten gehört ohne Zweifel der in Südeuropa am Fuße verschiedener Bäume, namentlich aber der Oelbäume, vorkommende Agaricus olearius DC. (siehe Fig. 8). Battarra [2]) kannte bereits die Lichtentwickelung dieses

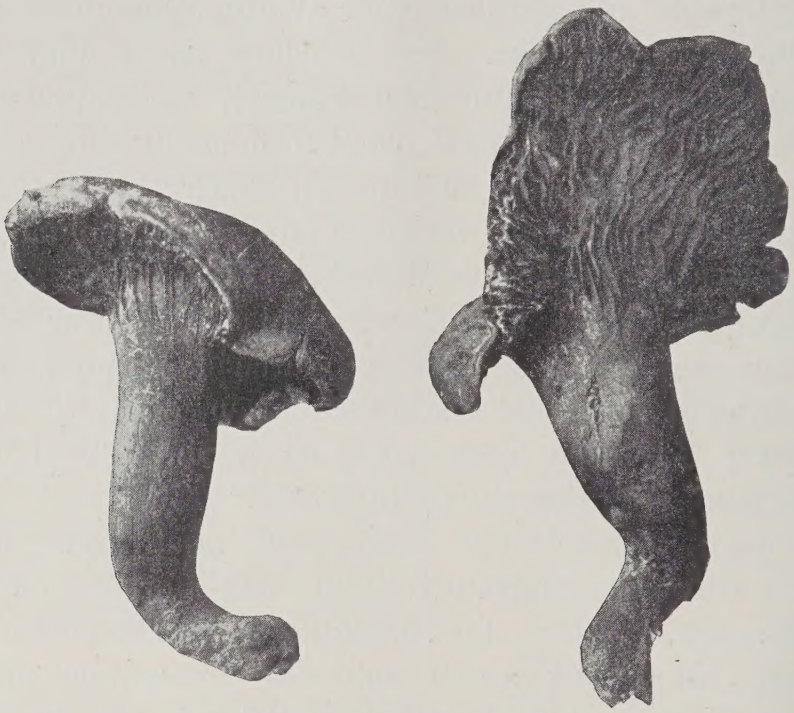


Fig. 8. *Agarius olearius* DC.

von ihm unter dem Namen Polymyces phosphoreus angeführten Pilzes. De Candolle [3]) lenkte von neuem die Aufmerksamkeit auf diesen Hutpilz, allein er war noch in der irrigen Meinung befangen, daß der Oelpilz erst im Zustande der Zersetzung leuchte.

Erst Delile [4]) erkannte den richtigen Sachverhalt, indem er behauptet, daß der Pilz während der vollen Lebensenergie leuchte.

Von Tulasne [5]) wurde dies bestätigt, aber gleichzeitig gezeigt, daß nicht bloß das Hymenium, wie Delile meinte, leuchte, sondern daß die ganze Substanz des Pilzes, wenn auch nicht immer, zu

---

1) Gadeau de Kerville, H., Die leuchtenden Tiere und Pflanzen. Deutsche Uebersetzung. Leipzig 1893. p. 16.

2) Battara, Fungorum agri Ariminensis historia. Faventiae 1755. p. 40.

3) De Candolle, Physiologie végétale. T. II. p. 887.

4) Delile, Nouv. exam. de la phosph. de l'Ag. de l'Olivier.

5) Tulasne, L. R., Sur la phosphorescence spontanée de l'Agaricus olearius DC. du Rhizomorpha subterranea Pers. et les feuilles mortes du chêne. Annal. d. scienc. nat. 3 sér. Botanique. T. IX. Paris 1848. p. 338.

leuchten vermöge. Gewöhnlich ist das Hymenium der Sitz der Lichtproduktion. Junge Pilze phosphoreszieren oft nur an der Oberfläche der Fruchtschicht und sonst an keinem anderen Punkte. Bei älteren Pilzen, bei denen das Hymenium nicht mehr Licht entwickelt, beginnt der Strunk zu leuchten, entweder nur oberflächlich oder auch beim Zerbrechen im Innern. Hingegen phosphoreszierten die in dicker Lage auf einem Teller aufgefangenen Sporen[1]) nicht im mindesten.

Auch von Agaricus Gardneri wird angegeben, daß der ganze Pilz leuchte „the whole plant gives out at night a bright phosphorescent light“[2]), und dasselbe scheint für den Agaricus igneus zuzutreffen.

Der erste, welcher die Frage, ob das Leuchten des Holzes auf einen rein chemischen Prozeß, auf die Vermoderung des Holzes oder auf die Vegetation eines im Holze lebenden Pilzes zurückzuführen sei, allgemein stellte und richtig beantwortete, war Joh. Flor. Heller.

Bereits gelegentlich der 21. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz[3]) 1843 sagte Heller: „Ich habe die leuchtenden gefaulten Hölzer genauen Untersuchungen unterworfen in der Absicht, die Ursachen des Leuchtens zu studieren, und fand, daß es nicht durch den chemischen Prozeß der Fäulnis, wie bisher allgemein angenommen wurde, entsteht, und daß das Leuchten dem faulenden Holze selbst gar nicht zukommt, sondern einem Kryptogame, einem Pilze, welchen ich bei der mikroskopischen Untersuchung als allein selbständig leuchtend in jedem leuchtenden, gefaulten Holze entdeckte.“

Ausführlich hat dann Heller seine Ansichten und Erfahrungen in einer trefflichen, aber ganz der Vergessenheit anheimgefallenen Abhandlung[4]) dargestellt.

Heller nennt den von ihm im leuchtenden Holze gefundenen Pilz Rhizomorpha noctiluca, und auch Endlicher sprach diesen Pilz, als ihm phosphoreszierendes Holz von Heller zur Bestimmung der Pilze vorgelegt wurde, als Rhizomorpha an.

Der Grad der Verwesung des Holzes steht nach Heller mit dem Leuchten in keinem Zusammenhange, sondern das Leuchten sei von der Entwickelung des Pilzes und den äußeren Bedingungen abhängig. Er bemerkte an erst seit paar Wochen gefälltem und im Walde liegengebliebenem Kiefernholz ein so starkes und prachtvolles Leuchten, daß

---

1) Tulasne, L. R., l. c. p. 346.

2) Gardner in Hook., Journ. of Bot. Vol. II. p. 428.

3) Sektion f. Physik u. Chemie. Sitzungsber. vom 19. Sept. 1843. p. 296.

4) Heller, F. Florian, Ueber das Leuchten im Pflanzen- und Tierreiche. Arch. f. physiolog. u. patholog. Chemie u. Mikroskopie, mit besonderer Rücksicht auf med. Diagnostik u. Therapie. N. F. Jahrg. 1853 u. 1854. Wien. p. 44 ff.

man eine gewöhnliche Druckschrift dabei lesen konnte, während er stark verwesendes Holz nicht leuchten sah, wenn die Bedingungen, welche das Leuchten befördern, fehlten.

Er fand das Leuchten hauptsächlich bei Coniferen (gemeine Kiefer, Tanne, Fichte, Lärche), ferner bei Weide, Pappel, Birke, Esche, Buche, Erle und Haselnuß und zwar vorzugsweise an der Wurzel. Es leuchteten alle Teile, das Holz, die Rinde und am meisten die an die Rinde grenzenden Teile.

In einem Kapitel betreffend die Bedingungen des Leuchtens erwähnt auch Heller, daß er das Leuchten des Holzes auch unter dem Mikroskop beobachtet habe und daß es nicht die Substanz des Holzes sei, welche leuchte, sondern, wie sich auch unterm Mikroskop feststellen ließ, der vom Holze abgetrennte Pilz.

Völlig unbekannt mit der verschollenen Arbeit Hellers kam F. Ludwig[1]) in seiner Dissertation, in der sich eine gute Zusammenstellung der einschlägigen Literatur über das Leuchten der Pilze vorfindet, auf Grund eigener Studien zu derselben Auffassung über das Wesen des Leuchtprozesses beim faulen Holze. Auch ihm erscheint das Leuchten als ein rein physiologischer, durch die Vegetation der am Holze wuchernden Mycelien hervorgerufener Prozeß.

Er hat das Verdienst, zum ersten Male auch eine beiläufige spektroskopische Untersuchung des vom Holze ausstrahlenden Lichtes vorgenommen und die alte Angabe Achards[2]), demzufolge das Pilzlicht nicht durch gefärbte Gläser dringe und durch ein Glasprisma sich nicht in Farben zerlegen lasse, als unrichtig erwiesen zu haben.

Ludwig[3]) entdeckte ferner in den Sklerotien von Agaricus (Collybia) tuberosus Bull, die sich mit Vorliebe auf faulenden Russula-Lactarius- und anderen Agaricineen-Arten einstellen und als Sclerotium cornutum beschrieben worden sind, einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz. Die Sklerotien, welche eben im Begriffe waren, Mycelien oder scheinbar direkt Fruchtkörper auszutreiben, leuchteten im Finstern. Daß auch die Sklerotien der verwandten Blätterpilze phosphoreszieren, erscheint dem genannten Forscher um so wahrscheinlicher, als nach Rumpfs Beobachtung Agaricus (Collybia) longipes Scop. ebenfalls leuchten soll.

---

1) Ludwig, Friedrich, Ueber die Phosphoreszenz der Pilze und des Holzes. Inaug.-Diss. Göttingen, 1874.

2) Achard, Nouv. Mém. de l'Acad. Roy. d. Berlin. 1783, p. 98. Zitiert nach Ludwigs Dissertation.

3) Ludwig, Ueber einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz, Agaricus (Collybia) tuberosus Bull. Botan. Centralbl. Bd. XII. 1882. p. 104—106.

Meyen[1]) hat seinerzeit gesehen, daß Pilze, die sich bereits in einem weichen Zustande der Verwesung befanden, während der Nacht im Walde leuchteten, und er fügt hinzu, daß er die leuchtende Masse mit einem Stocke an die Baumstämme streichen konnte. Ludwig sprach die Vermutung aus, daß es sich hier gleichfalls um leuchtende Sklerotien handeln dürfte.

Indem ich mir vorbehalte, auf einzelne wichtige Punkte der Arbeit Ludwigs und anderer angeführten Abhandlungen später bei meinen eigenen Untersuchungen zurückzukommen, gelange ich nunmehr auf eine für unseren Gegenstand in methodischer Beziehung wichtige Arbeit Brefelds zu sprechen, über den Agaricus melleus oder Hallimasch[2]).

Die von so vielen Seiten seinerzeit betriebene Untersuchung der Rhizomorpha hat den Botanikern viel Kopfzerbrechen gemacht, aber nach vielfachen Irrwegen hat uns bekanntlich erst R. Hartig zur Klarheit geführt, indem er die bis dahin unbekannte Fruktifikationsform der Rhizomorpha in den Fruchtträgern des Agaricus melleus erkannte.

Erst Brefeld blieb es jedoch vorbehalten, durch seine Kulturversuche im Laboratorium aus den Sporen des Hallimasch die Rhizomorpha zu ziehen.

Auf Objektträgern erhielt er aus den Sporen zumeist ein kleines Mycel, auf diesem kleine Sklerotien und als weitere fortwachsende sklerotische Bildungen die Rhizomorphen. Durch Uebertragung derartiger Objektträgerkulturen in mit Pflaumendekokt versehene Kristallisierschalen wurden ungemein üppige Kulturen erzielt, die Schalen wurden mit Rhizomorphen sozusagen angefüllt.

Es ist begreiflich, daß unter diesen Umständen Brefeld[3]) das Leuchten der Rhizomorphen nicht entgehen konnte, und daß er Gelegenheit hatte, es in großer Intensität und lange zu beobachten. „Die ganze Oberfläche der Kulturmasse, die gleichmäßig mit den Hyphen überwachsen war, erglänzte in wunderbarem Lichte. Als ich, einmal ganz zufällig den Abend über in meinem Laboratorium bleibend, die Wirkung dieser imposanten Erscheinung an mehr als 20 großen Kulturen bei dem Oeffnen des Schrankes, worin die Kulturen standen, unerwartet empfand, wich ich unwillkürlich vor Erstaunen zurück.“

---

1) Meyen, F. J. F., Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II. Berlin 1838. p. 195.

2) Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. III. Heft. Basidiomyceten I. Leipzig 1877. p. 136.

3) Derselbe, l. c. p. 170.

Die Rhizomorphen leuchteten nur, wenn sie sich über die Kulturflüssigkeit erhoben und mit der atmosphärischen Luft in Berührung kamen, anfangs wenig intensiv, in weißlichem, etwas ins bläuliche spielendem Farbenton, später aber, wenn aus den Rhizomorphen die Hyphen ausgesproßt waren, sehr stark. Sobald die Hyphen abgestorben oder die einzelnen Stränge durch Bräunung der Rinde in einen Zustand der Ruhe übergegangen waren, hörte das Leuchten wieder auf. Immer war die Erscheinung nur bei lebenden Hyphen der Stränge, die frei in die Luft ragten und ihre Membranen noch nicht kutikularisiert hatten, zu sehen.

An Holzstücken von Acer negundo fand Eidam[1]) einen Pilz, welcher im Holze, obwohl selbst aus farblosen Hyphen bestehend, auffallend blutrote bis karminrote Flecke und Streifen erzeugt, der aber mit dem die Rotfäule der Koniferen erzeugenden Trametes pini und Trametes radiciperda nichts zu tun hat, sondern eine eigene noch unbekannte Art darstellt. Bei Kultur im feuchten Raume wächst das Mycel aus dem Holze hervor und leuchtet derart, daß man die Umrisse der Holzstücke deutlich erkennen kann.

Clos[2]) sah das tote Holz der Vogelkirsche (merisier) längere Zeit leuchten.

Bevor ich den historischen Abriß schließe, muß ich noch einer kleinen Arbeit gedenken, die zum ersten Male den Versuch macht, den leuchtenden Pilz aus dem Holze nach den in der Bakteriologie üblichen Methoden rein herauszuzüchten. Ich meine die Arbeit von F. Kutscher[3]). Im Besitze eines ausgegrabenen Tannenstumpfes, der in ausgezeichneter Weise in blauweißem Lichte leuchtete, konnte er sich überzeugen, daß das vom Holze abgelöste Pilzmycel für sich allein leuchte. Er übertrug den Pilz zunächst auf die in der Bakteriologie gebräuchlichen Nährböden, aber ohne Erfolg. Als er jedoch ein Buchenrindenextrakt mit 2 Proz. Agar oder mit 12 Proz. Gelatine versetzte und schwach alkalisch machte, gelang es ihm, leuchtende Mycelräschen von 3—4 cm im Durchmesser zu erlangen, welche die Eigentümlichkeit hatte, die Gelatine tief zu bräunen. Das weiße Mycel leuchtete vorzugsweise an der Peripherie, wo die jungen Hyphen wuchsen, es ließ sich auch auf

---

1) Eidam, Blaugrün gefärbtes Holz von Birken und Buchen und blut- bis karminrot gefärbtes von Acer negundo. 58. Jahresber. d. schles. Ges. f. vaterländ. Kultur. 1880 (Breslau 1881). p. 188—189.

2) Clos, Un cas d'assez longue phosphorescence émise par l'aubier d'un gros merisier. Compt. rend. Bd. CXXXIX. 1904. p. 663.

3) Kutscher, Fr., Zur Physiologie der Phosphoreszenz. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chemie. Bd. XXIII. 1897. p. 109—113.

Holz überimpfen, aber es fruktifizierte leider nicht, so daß über die systematische Stellung des fraglichen Pilzes nichts ausgesagt werden konnte. Die Behauptung de Barys, daß das an nassem, weißfaulem Holze beobachtete Leuchten nicht zu den physiologischen Prozessen gehöre, also nicht von lebenden Organismen hervorgerufen werde, weist Kutscher auf Grund seiner Untersuchungen zurück. Ich werde später noch darauf zurückkommen.

2. Eigene Untersuchungen, basierend auf Reinkulturen.

Es wurde schon früher (p. 27) darüber berichtet, wie man sich nach den Erfahrungen von Heinrich mit ziemlicher Gewißheit leuchtendes Holz verschaffen kann. Es genügt zu diesem Zwecke Wurzelstümpfe, die längere Zeit im Waldboden liegen und den Beginn der Verwesung zeigen, auszugraben und sodann an feuchten Stellen niederzulegen. Die Holzstücke fangen namentlich unter der Rinde alsbald zu leuchten an. Das Ausgraben von Wurzelstücken erfordert aber recht viel Aufwand von Zeit und Mühe, auch gestaltet sich der Transport von schweren Wurzelstümpfen oft recht umständlich. Wenn man mit einem entgegenkommenden Förster in Verbindung steht, läßt sich die Sache wohl bewerkstelligen, verfügt man aber nicht über die passenden Konnexionen, so stößt die Beschaffung auf größere Schwierigkeiten als es von vornherein den Anschein hat, da die Laboratorien gewöhnlich weit weg vom Walde in der Stadt liegen.

Um mich daher von den erwähnten Schwierigkeiten unabhängig zu machen, und um mir leuchtendes Holz für meine Versuche in bequemer Weise und zu jeder beliebigen Zeit verschaffen zu können, ging ich folgendermaßen vor. Ich achtete bei meinen Ausflügen und Spaziergängen auf die im Waldboden steckenden Stammstümpfe, die zum mindesten in einem solchen Zustande der Zersetzung waren, daß die Rinde an dem Holzkörper nur locker aufsaß und sich mit der eisernen Spitze eines Stockes und mit den Fingern leicht abtrennen ließ. War die Rinde an der Innenseite und das Holz an der Außenseite mit Pilzmycelien versehen, so nahm ich handgroße Stücke von Holz und Rinde davon mit. Sehr häufig sieht man namentlich bei Koniferen und bei Eichen an der Grenze zwischen Holz und Rinde dunkle vielfach verzweigte Stränge, die Rhizomorphen des Agaricus melleus. Aber auch Stammstücke, die keine Spuren von Rhizomorphen aufweisen, sondern nur verpilzt aussehen, können im Finstern leuchten und wurden daher mitgenommen.

Wollte ich nun leuchtendes Holz oder leuchtende Rinde mit ziemlicher Sicherheit nach Hause bringen, so sammelte ich von verschiedenen

Stammstümpfen etwa 10—20 feuchte Proben, hielt diese zwischen nassem Moos oder Löschpapier feucht und breitete sie nachts vor mir aus. Wenn man nun mit ausgeruhtem Auge die einzelnen Stücke im Finstern durchmustert, so findet man regelmäßig schon in der auf die Exkursion folgenden Nacht einzelne Stücke, welche an einigen Punkten oder an größeren Flächen phosphoreszieren. Doch können manche Proben erst am zweiten oder an einem späteren Tage zum Leuchten kommen. Die leuchtenden Stücke legte ich im Zimmer unter mit nassem Filtrierpapier ausgekleidete Glasglocken oder in große feuchte Kristallisier-Doppelschalen und ließ das Ganze, in einer Zimmerecke dem grellen Lichte entzogen, stehen.

Das Leuchten hält nicht lange an, nach 4—5 Tagen ist die Lichterscheinung gewöhnlich zu Ende, indes habe ich nicht selten die Lichtentwickelung viel länger beobachtet. Nach und nach erhält man sozusagen einen Blick für leuchtendes Holz, man lernt den Grad der Zersetzung, in welchem sich der Stammstumpf befinden muß, um zu leuchten, so genau beurteilen, daß man leicht von jedem Waldspaziergang phosphoreszierendes Holz nach Hause bringen kann.

Für die Lösung gewisser Fragen und, um Irrtümern aus dem Wege zu gehen, muß es als höchst wünschenswert erscheinen, die Pilze, die das Leuchten des Holzes bedingen, in reiner Form, in Reinkulturen zu ziehen. Diese Methodik hat bei den Untersuchungen der Bakterien und auch anderer Pilze so schöne Erfolge ergeben, daß man sich wundern muß, daß bei dem Studium der höheren Leuchtpilze die Verwendung der Reinkulturen eine so kleine Rolle gespielt hat. Hat man einen leuchtenden Pilz einmal in Reinkulturen in Händen, dann steht er immer zu Gebote, die Lichtenwickelung kann dann in ihrer Abhängigkeit vom Substrat und anderen Faktoren geprüft und zahlreiche andere Fragen können einer exakten Lösung entgegengeführt werden.

a) Reinkulturen vom Hallimasch, Agaricus melleus Vahl = Armillaria mellea Quél.

Bereits Brefeld hat uns gezeigt, wie man von diesem Pilz üppige Kulturen im Laboratorium auf Pflaumendekokt erhalten kann (s. p. 35). Ich selbst gewann Reinkulturen, indem ich die eben abstäubenden Sporen des Pilzes in Pflaumendekokt-Agar impfte und in Petrischalen ausgoß. Die bald entstehenden Mycelien wurden dann auf in Erlenmeyerkolben befindliches Pflaumendekokt oder auf nicht zu nassen Brotbrei weiter verpflanzt. In beiden Medien gedeihen sie sehr gut, besonders auf Brot. Hier bilden sich entweder zylindrisch-fadenförmige oder band-

artige, an der Spitze häufig gabelig verzweigte Rhizomorphen, die die ganze Brotmasse durchwuchern und nach und nach in Pilzsubstanz umsetzen. Zeitweise scheidet die Pilzmasse Tropfen von bräunlicher Farbe aus, die Tropfen können zusammenfließen, so daß sich dann oft eine relativ bedeutende Menge von Flüssigkeit ansammelt. So bin ich gerade jetzt im Besitze einer $1^1/_2$ Jahre alten Reinkultur von Hallimasch in einem Zwei-Liter-Kolben, wo die durch den osmotischen Druck des Mycels ausgeschiedene Flüssigkeit schätzungsweise 15 ccm beträgt.

Wo das ursprünglich weiße Mycel oder die Rhizomorpha längere Zeit mit der Luft in Berührung ist, nimmt es eine tiefbraune, fast schwarze Farbe an. Aeltere Kulturen sind daher auf der Brotoberfläche großenteils schwarzbraun, während die am Boden des Glasgefäßes entstehenden, von der Luft mehr abgeschlossenen Teile lange Zeit eine rein weiße Farbe aufweisen.

Die ganz jungen, noch weißen Mycelien leuchten nicht oder wenig, erst wenn das Mycel Rhizomorphen bildet, stellt sich im Kontakte mit der Luft das Leuchten ein, besonders die jungen aus den Rhizomorphen entspringenden Mycelräschen leuchten im Finstern in weißlichem Lichte. Während das vom Hallimasch durchsetzte, im Walde gesammelte Holz, zu Hause im feuchten Raume aufbewahrt, gewöhnlich nur einige wenige Tage leuchtet, entwickelt der Pilz auf Brot reinkultiviert durch mehrere Monate hindurch Licht. Es sind zwar nicht dieselben Mycelstellen, von denen das Licht ausstrahlt, sondern der Pilz wächst eben lange Zeit fort, verjüngt sein Mycel und seine Rhizomorphen, und diese relativ jungen Teile produzieren Licht, während die alten nach und nach erlöschen.

In der langen Leuchtdauer liegt ein großer Vorteil der Reinkultur. Hat man einmal eine solche im Laboratorium, so genügt es, jedes Vierteljahr davon abzuimpfen, um stets schönes Material für Versuche und Vorlesungen zu haben. Reinkulturen leuchten eben monatelang.

Von Interesse ist, daß bei Kultur in Pflaumendekoktlösung die submers lebenden Mycelien niemals Rhizomorphen bilden, erst wenn das Mycel den Flüssigkeitsspiegel erreicht, also mit der Atmosphäre in Berührung kommt, nehmen die Rhizomorphenstränge von hier ihren Ausgang. Sie wachsen dann in die Flüssigkeit hinein oder seltener von dieser weg in die Luft, eine Lichtentwickelung tritt aber nur in den nicht untergetauchten Teilen auf.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß es Brefeld gelungen ist, den Agaricus melleus von der Spore bis zur Rhizomorpha, aber nur bis zu dieser, auf künstlichem Substrate zu ziehen. Er sagt: „An

meinen künstlich gezogenen Rhizomorphen ist im nächsten Herbst keine Fruktifikation erfolgt, sie leben noch, werden aber unter den erschwerenden Umständen mehrjähriger Erhaltung wohl kaum den zweiten Herbst erreichen. Vielleicht fruktifizieren die Rhizomorphen überhaupt erst nach mehreren Jahren und nicht im ersten“ (l. c. p. 169).

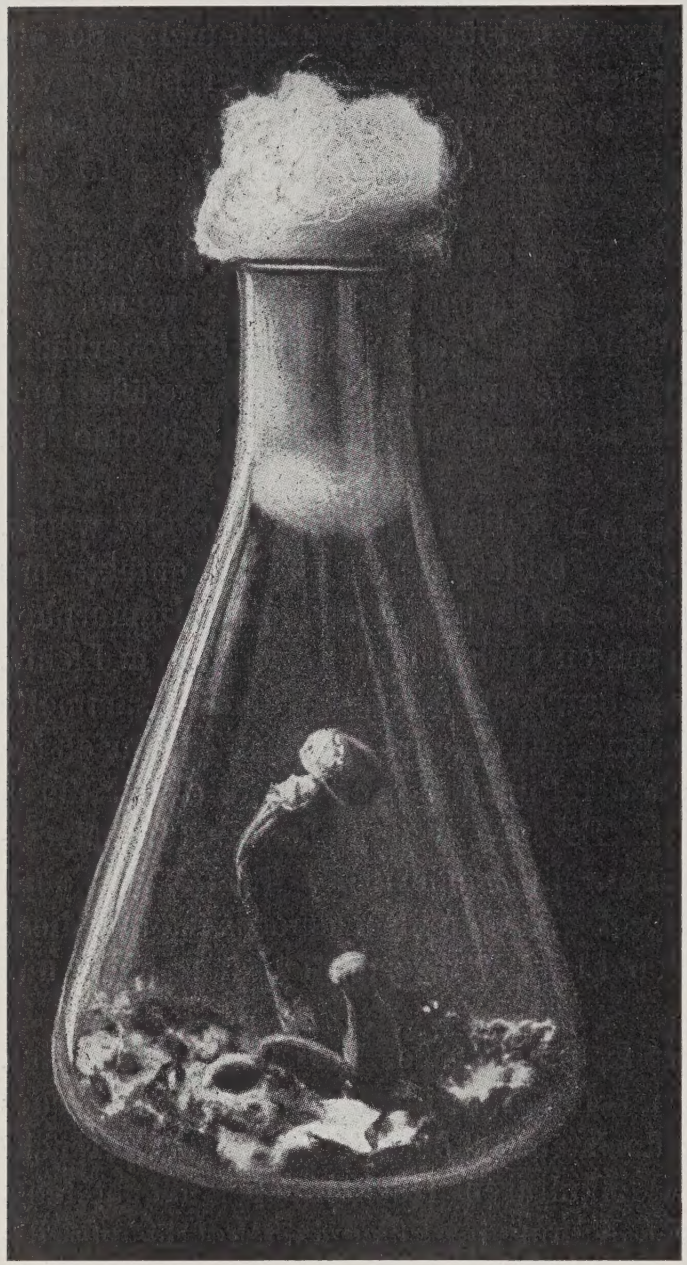


Fig. 9. *Agaricus melleus* Vahl. Reinkultur mit drei Fruchtkörpern in Erlenmeyerkolben auf Brot.

Ich bin in der angenehmen Lage, mitteilen zu können, daß es mir glückte, noch einen Schritt weiter zu gelangen: ich konnte den genannten Pilz bis zum vollkommen entwickelten Fruchtkörper auf Brot ziehen. Am 11. Januar 1900 wurde auf nassem Brote im Erlenmeyerkolben eine Hallimaschkultur angelegt. Sie bildete alsbald ein dichtes Gewirre von Rhizomorphasträngen, von denen zahlreiche in büschel- oder fächerartiger Form über das Substrat emporwuchsen. Nach und nach wurde nahezu das ganze Brot aufgebraucht und ging sozusagen in Pilzsubstanz über, so daß man das Brot gar nicht mehr erkennen konnte. Nach etwa zwei Monaten am 20. März 1900 kamen zu meiner großen Ueberraschung drei Fruchtkörper hervor, die in Fig. 9 zu sehen sind. Daß die Fruchtkörper im Kolben unter den künstlichen Bedingungen von den im Walde unter natürlichen Verhältnissen erwachsenen (siehe Fig. 10) einigermaßen abweichen, darf wohl nicht wundernehmen.

Das Auftreten von Fruchtkörpern scheint von verschiedenen Umständen abzuhängen; es gelingt nicht gerade häufig, den Fruchtkörper hervorzurufen, am ehesten treten sie noch auf, wofern man nur dafür sorgt, daß das Substrat nach üppiger Entwickelung der Rhizomorphen allmählich seinen Feuchtigkeitsgehalt verliert, ohne aber vollständig einzutrocknen. Damit ist der Beweis geliefert, daß einer unserer stattlichsten Hymenomyceten in Reinkultur bis zur Fruchtbildung im Laboratorium gezogen werden kann, wie dies ja auch bereits für andere Hutpilze von verschiedenen Forschern gezeigt worden ist. Dies führt auf den Gedanken und erweckt die Aussicht, daß vielleicht der Agaricus melleus, bekanntlich ein genießbarer und sehr wohlschmeckender Hutpilz, ähnlich wie der Champignon auch im großen gezogen werden könnte, sobald man die richtigen Bedingungen hierfür geschaffen haben wird.

Fig. 10. *Agaricus melleus* Vahl. Fruchtkörper aus dem Walde.

b) Reinkulturen vom Mycelium x.

Auf Grund meiner vieljährigen Erfahrungen kann ich es aussprechen, daß in der Mehrzahl der Fälle innerhalb Mitteleuropa das Leuchten des Holzes und der Rinde bei der Föhre, Fichte, Birke, Eiche und Buche auf den Hallimasch, Agaricus melleus, zurückzuführen ist. Doch kann das Leuchten des Holzes auch noch von anderen Pilzen hervorgerufen werden, unter anderem von einem Pilz, dessen Lichtentwickelung ich 1900 entdeckt habe, den ich aber, weil es mir trotz vielfacher Bemühungen bisher noch nicht gelungen ist, ihn zur Fruktifikation zu bringen, nicht bestimmen konnte. Er sei daher vorläufig einer bequemen Ausdrucksweise wegen als Mycelium x bezeichnet.

Am 13. Oktober 1900 sammelte ich im Walde von Kuchelbad bei Prag von einem Stammstumpf ein Stück Eichenrinde, welche an der Innenseite nachts deutlich leuchtete. Ich impfte von dem hier vorhandenen Mycel auf Pflaumendekokt in fünf Eprouvetten ab. In vier

Proberöhrchen erschien hierauf Penicillium, in dem fünften aber ein weißes Mycel, welches Licht produzierte. Dieses leuchtende Mycel wurde in einer sterilisierten Petrischale mit einer sterilisierten Nadel in kleine Stückchen zerlegt und sodann in Erlenmeyerkolben auf nasses, sterilisiertes Brot oder auf Pflaumenextrakt behufs Impfung übertragen. Die darin aufkeimenden Kulturen waren begreiflicherweise nicht immer rein, häufig machten sich noch Penicillium oder Aspergillus breit, aber in einzelnen Kulturen, namentlich auf Brot, entwickelte sich, vielleicht von Bakterien und Sproßpilzen abgesehen, das Mycelium allein. Indem ich von diesem etwas in meiner Nährlösung[1]) mit 10-proz. Gelatine verteilte und in Petrischalen ausgoß, gelangte ich zu tadellosen Reinkulturen, mit denen ich seither fortwährend arbeite.

Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im diffusen Lichte beginnt schon nach wenigen Tagen auf Brot das Mycel sich von der Impfmasse aus kreisförmig auszubreiten und auch zu leuchten. Obwohl das Wachstum des Pilzes ein relativ langsames ist, überzieht er doch nach zwei bis mehreren Monaten handgroße Brotflächen als dichte Mycelmasse, in jüngeren und nicht zu alten Teilen von schneeweißer, in den ältesten zentral gelegenen Teilen von hellbrauner Farbe.

Er besteht aus schmalen, spärlich septierten und verzweigten Hyphen.

Von Tag zu Tag wartete ich auf die Fruchtbildung, allein obwohl ich den Pilz auf den verschiedensten Substraten, so auf Holz, Reis, Brot, Pflaumendekokt und Gelatine mit Erfolg durch zwölf Jahre hindurch kultiviere, kam immer noch keine Fruktifikation zum Vorschein.

Das Pilzmycel hat die Eigentümlichkeit, bei üppiger Vegetation an einzelnen Stellen Tropfen auszuscheiden, und hier erscheinen dann kleine, etwa 1—2 mm breite, knopfförmige Scheibchen, die äußerlich an die Fruchtkörper von Ascobolus erinnern. Niemals fand ich jedoch in diesen Gebilden Schläuche oder irgendwelche andere Fruchtorgane. So bin ich denn bisher außerstande, zu sagen, welchem Pilze das Leuchtmycel angehört. Der Pilz scheint in der Umgebung von Prag gar nicht so selten zu sein, denn ich konnte ihn zu wiederholten Malen aus Holz- und Rindenstücken des Waldes rein herauszüchten.

---

1) Zusammensetzung 500 g H_2O,
15 g Rohrzucker,
3 g Chlorammonium,
0,25 g schwefelsaure Magnesia,
0,25 g Monokaliumphosphat,
Spur Eisen.

Vgl. H. Molisch, Die mineralische Nahrung der niederen Pilze. Sitzber. d. Kais. Wiener Akad. 1. Abt. Bd. CIII. 1898.

Für Studien über das Leuchten von Pilzen stellt das Mycelium x ein geradezu ausgezeichnetes Objekt dar, weil Kulturen davon nicht etwa nur Tage oder Wochen, sondern kontinuierlich bei genügendem Nährmaterial in großen Kolben 1—1½ Jahre Licht entwickelten. Für Demonstrationen in den Vorlesungen und für Untersuchungen über die Natur des Pilzlichtes kann ich kein geeigneteres Material empfehlen als das Mycelium x, zumal es, wenn es einmal in Reinkultur vorliegt, mit Leichtigkeit weiter gezogen werden kann.

Der Pilz produziert weißes Licht, am Beginn seiner Entwickelung relativ starkes, stärkeres als der Hallimasch, später leuchtet er mit abnehmender Intensität.

c) Reinkulturen von Xylaria-Arten.

In der Literatur findet sich seit längerer Zeit die bisher meines Wissens ohne Widerspruch gebliebene Angabe, daß die Rhizomorphen der Xylarien oder die allenthalben an Holz verbreiteten Mycelien derselben unter den zur Rhizomorphabildung günstigen Verhältnissen zu leuchten vermögen.

Von Ludwig[1]) wird speziell Xylaria Hypoxylon als ein Pilz angeführt, der die sogenannte „Lichtfäule“ des Holzes hervorrufen kann und in einer wertvollen Abhandlung, in welcher der genannte Autor das Licht verschiedener Pilze spektroskopisch prüft, beschreibt er sogar das angeblich von Xylaria Hypoxylon ausstrahlende Licht[2]).

Er sagt: „Nachdem schon ältere Schriftsteller und neuerdings Crié die Phosphoreszenz dieses Pilzes behauptet, trug ich, um diese Angaben zu kontrollieren, von verschiedenen Stellen um Greiz trockenes und von dem Pilz in Fäule versetztes Holz, beide mit den Rhizomorphen und Xylostroma desselben ein“ . . . . . „Holz und Mycel leuchteten teils sofort, teils — wo keine Rhizomorphenbildung vorhanden war — nach einigen Tagen, wenn es am feuchten Ort aufbewahrt wurde (in der Botanisiertrommel leuchtete das am ersten Tag dunkle Holz noch nach 14 Tagen und später).“

Auch in seinem Lehrbuche der Kryptogamenkunde (l. c. p. 527) sagt Ludwig: „Noch sicherer ist es, das Leuchtholz zu finden, das

1) Ludwig, F., Ueber die Phosphoreszenz der Pilze und des Holzes. Inaug.-Diss. 1874. p. 29. Derselbe, Micrococcus Pflügeri Ludw., ein neuer photogener Pilz. Hedwigia. Bd. XXIII. 1884. p. 33. Derselbe, Lehrbuch der niederen Kryptogamen. Stuttgart 1892. p. 324.

2) Derselbe, Ueber die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. I. 1884. p. 189.

seine Phosphoreszenz der Xylaria Hypoxylon, einem sehr verbreiteten und zu jeder Jahreszeit auf Buchenstöcken etc. zu findenden, unter schwarzzottigen, oben weißen, öfter geweihartig verzweigten Keulenpilz verdankt."

Crié[1]) führt speziell Xylaria polymorpha Grev. als leuchtend an und glaubt, daß dasselbe mit der Atmung der Konidienträger zusammenhängt.

Wie sicher die Ansicht über das Leuchten des Holzes infolge von Xylaria gilt, entnehme ich auch aus einem Buche von Hellm. Müller[2]), der seinen Lesern folgende Methode zur Beschaffung leuchtenden Holzes empfiehlt: „Einstellen von Wurzelstücken oder Stöcken von Nadelhölzern mit den Mycelien von Agaricus melleus oder von Buchen mit dem Mycelium von Xylaria Hypoxylon auf einen Tag in einen feuchten Keller; hierauf Ueberführung der Stücke in ein dunkles Zimmer. Ergebnis: Phosphoreszenz, Leuchten des Holzes."

Xylaria Hypoxylon L. Die Schlauchsporen dieses frisch aus dem Walde geholten Pilzes keimen leicht. Werden Sporen davon in die auf p. 42 angegebene Nährgelatine gebracht, so bilden sich schon nach einigen Tagen kleine, schneeweiße Räschen, die sich mit der sterilisierten Nadel leicht abheben und auf Brot in Erlenmeyerkölbchen weiterkultivieren lassen. Das Mycelium wächst relativ langsam, stellenweise heben sich davon weiße strangartige Flocken ab. Sobald das Mycel eine größere Fläche überzogen hat, beginnt es sich von der Mitte aus zu schwärzen, und wenn die Schwärzung größere Dimensionen erreicht hat, dann läßt auch das Auftreten der Fruchtkörper nicht mehr lange auf sich warten. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur im Herbste und bei diffusem Lichte traten die ersten jungen Fruchtkörper etwa nach drei bis vier Wochen auf.

Sie sind an ihrer Spitze schneeweiß, werden nach unten grau bis tiefschwarz und erinnern mit ihrer Farbe und dem samtartigen Charakter ihrer Oberfläche lebhaft an einen Maulwurfspelz. Bei einseitiger Beleuchtung krümmen sich die Fruchtkörper wunderschön positiv heliotropisch zum Lichte, und gleichzeitig scheiden sie an ihrer Oberfläche oft zahlreiche große wasserklare Tropfen aus. Es eignet sich dieser

---

1) Crié, L., Sur quelques cas nouveaux de phosphorescence dans les végéteaux. Comptes rendus. T. XCIII. Jul.-Dec. 1881. p. 853—854. Derselbe, La phosphorescence dans le régne végétal. Revue scientifique de la France et de l'étranger. T. XXIX. No. 10. 11. 1882. Ein Referat darüber in Just. Jahresbericht. X. 1882. p. 201.

2) Müller, Hellmuth, Pflanzenphysiologische Schulversuche. Beilage zum Programm d. k. Gymn. m. Realklassen zu Landsberg a. W. 1900. p. 22.

Erscheinungen wegen unser Pilz in ausgezeichneter Weise zu Demonstrationsversuchen über Heliotropismus und Guttation.

Auffallend ist die große Plastizität der wachsenden Fruchtkörper. Sobald er an die Glaswand anstößt, schmiegt er sich derselben auf das innigste an und bleibt an der Kontaktstelle weiß, während die mit Luft in Berührung befindlichen Teile sich mit dem Alter immer mehr

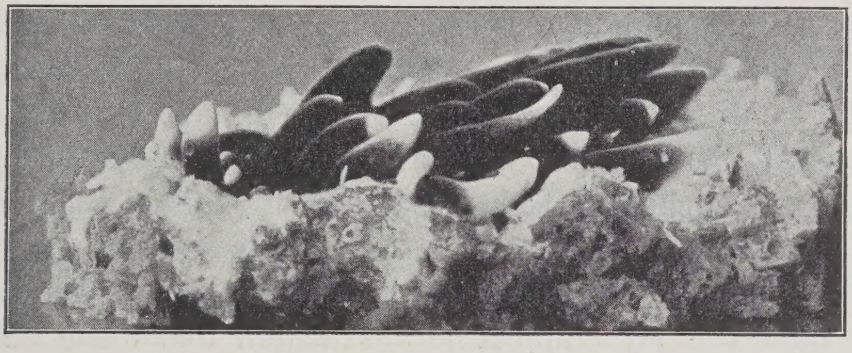


Fig. 11. *Xylaria Hypoxylon* L. in Reinkultur auf Brot. Die Fruchtträger zeigen deutlichen positiven Heliotropismus.

schwärzen. Die obenstehende Fig. 11 stellt eine Photographie einer $2^1/_2$ Monate alten Reinkultur von Xylaria Hypoxylon dar.

Niemals habe ich auch nur eine Spur von Lichtentwickelung bei diesem Pilze gesehen, obwohl ich ihn schon neun Jahre auf den verschiedensten Substraten (Brot, Gelatine, Pflaumendekokt, Holz und Rinde) ziehe und nicht bloß die Fruchtkörper, sondern auch das Mycel und die rhizomorphaartigen Stränge desselben genau geprüft habe.

Im großen und ganzen ähnlich verhalten sich die Reinkulturen von Xylaria Cookei. Dieser mit tropischen Pflanzen eingeschleppte Glashauspilz findet sich auf Holzkübeln von im Warmhaus stehenden Gewächsen sehr häufig mit seinen schwarzen Fruchtkörpern vor. Seine Askosporen konnte ich in derselben Weise wie bei der vorher behandelten Art zur Keimung bringen und auf Brot und anderen Substraten weiter reinkultivieren. Auf Brot gedeiht der Pilz ausgezeichnet, er entwickelt hier ein zunächst schneeweißes Mycel, das anfangs keine flockenartigen Stränge bildet und sich auch etwas später von der Mitte aus schwärzt. Nach 4—5 Wochen zeigen sich auf dem nun schwarzgrau gewordenen Mycel die ersten Fruchtanlagen. Sie sind gleichfalls heliotropisch, scheiden Tropfen aus, sind häufig geweihartig verzweigt, sind aber viel schlanker als die von Xyl. Hypoxylon. Eine Lichtentwickelung war auch bei diesem Pilze auch nicht spurenweise zu bemerken.

Aus den mit zwei Arten von Xylaria, nämlich mit Xylaria Hypoxylon und X. Cookei durchgeführten Versuchen ergibt sich überein-

stimmend, daß sie unter den bei meinen Versuchen obwaltenden Bedingungen nicht zu leuchten vermögen, weder in Form des Mycels noch in der der Fruchtkörper, noch in der derber Häute oder rhizomorphaähnlicher Stränge. Allein man könnte einwenden, daß, ebenso wie die Leuchtbakterien bei lange fortgesetzter Kultur auf künstlichen Nährböden ihr Leuchtvermögen teilweise oder ganz einbüßen, vielleicht auch die Xylaria unter den künstlichen Kulturbedingungen sich eben anders verhält als in der freien Natur. Um darüber ins klare zu kommen, habe ich in den letzten Jahren oft Holz, das von Xylaria in seinen verschiedensten Entwickelungsstadien besetzt war, auf Leuchten geprüft. Ich konnte aber niemals an solchem Xylaria-Holze, wenn es nicht noch von irgendeinem Leuchtpilz besetzt war, eine Lichtentwickelung beobachten. In den wenigen Fällen, wo solches Holz leuchtete, konnte ich daraus den Hallimasch oder das Mycelium X herauszüchten und diese beiden Pilze als Urheber der Lichtentwickelung erkennen.

Es erklärt sich demnach der Widerspruch zwischen meinen negativen Beobachtungen und den positiven Angaben in der Literatur damit, daß das Leuchten des Holzes, welches neben anderen Pilzen auch von Xylaria Hypoxylon besetzt war, ohne weiteres auf den genannten Pilz zurückgeführt wurde. Ein im Walde gesammeltes Stück Holz führt aber gewöhnlich nicht einen Pilz, sondern weist an seiner Oberfläche und in seinem Innern eine ganze Flora von Pilzen auf. Und ebenso wie niemand, der einen toten leuchtenden Fisch vor sich hat, bei mikroskopischer Beobachtung der auf der Oberfläche lebenden verschiedenen Bakterien ohne Reinkulturen entscheiden kann, welche von den hier vorhandenen Bakterien das Leuchten hervorrufen, so wird man auch bei der Beurteilung der Urheberschaft des Leuchtholzes sehr vorsichtig vorgehen und in zweifelhaften Fällen stets Reinkulturen auf verschiedenem, wenn möglich auf natürlichem Substrat heranziehen müssen. Dies habe ich bei Xylaria getan, und es hat sich ergeben, daß die von mir untersuchten Species dieser Gattung aus der Reihe der Leuchtpilze zu streichen sind.

Obwohl ich dieses Resultat schon in der 1. Auflage dieses Buches hervorhob, erscheint der Irrtum von der Leuchtfähigkeit der Xylaria Hypoxylon immer wieder von neuem, und selbst in der neuesten Literatur wird das Märchen von der Lichtproduktion des genannten Pilzes dem Leser kritiklos aufgetischt.

Es war notwendig, auch noch andere höhere Pilze, deren Mycel als leuchtend angeführt wird, durch Reinkulturen auf ihr Lichtentwickelungsvermögen zu prüfen, und das Augenmerk in erster Linie zu

lenken auf Trametes pini, Polyporus sulfureus, Heterobasidium annosum, Carticium coeruleum (Schrad.), Fr. = Auricularia phosphorea Sch. und Polyporus citrinus (= caudicinus Schaeff.) Schröt., die in der Literatur als Leuchtpilze genannt werden [1]).

d) Ueber einige angeblich leuchtende Pilze [2]).

Trametes pini Fr.

Die Angabe, daß dieser Pilz leuchtet, finde ich bei Ludwig [3]). Nachdem er die Vermutung ausgesprochen, daß noch unter den Rhizomorphabildnern Leuchtpilze gefunden werden dürften, schreibt er: „So erhielt ich zu einer meiner ersten Arbeiten über Phosphoreszenz aus Thüringen frisches Wurzelholz mit Rhizomorphen aus einer mit Trametes pini befallenen Gegend, welches intensiv leuchtete, aber von dem später untersuchten Hallimaschholz und Xylariaholz sich wesentlich unterschied. Das Spektrum fing hier erst beim Hellblau an und erstreckte sich weit in das Violette und schien nicht völlig kontinuierlich zu sein.“ Ludwig stellt zwar Trametes pini nicht bestimmt als leuchtend hin, allein nach dem Wortlaut scheint er doch geneigt zu sein, ihn für einen Leuchtpilz zu halten. Um die Sache zu entscheiden, kultivierte ich den Pilz 3 Jahre hindurch auf Brot und Holz in reiner Form. Der Pilz wächst besonders leicht an, wenn man kleine Stückchen des jungen, noch energisch wachsenden Fruchtkörpers auf das feuchte Nährsubstrat legt. Das weiße, mitunter reichlich Flüssigkeit auspressende Mycel, das in allen meinen Kulturen steril blieb, zeigte niemals eine Spur von Licht. Von strangartigen, an Rhizomorpha erinnernden Mycelien habe ich gleichfalls nie etwas bei diesem Pilze gesehen.

Auch bei Trametes radiciperda [4]), den ich durch 2 Jahre in Reinkultur auf Brot und Holz gezogen habe, konnte ich weder Rhizomorphabildungen nach Lichtentwickelung feststellen.

Polyporus sulfureus Fr.

Von diesem Pilze ist gleichfalls behauptet worden, daß er leuchte, allein schon Ludwig [5]) bemerkt, daß dies der Bestätigung bedürfe.

---

1) Ludwig, F., Lehrbuch der Kryptogamenkunde. 1892. p. 529.

2) Molisch, H., Ueber einige angeblich leuchtende Pilze. Wiesner-Festschrift 1908. p. 19—23.

3) Ludwig, F., Lehrbuch der niederen Kryptogamen etc. Stuttgart 1892. p. 528—529.

4) Herrn Prof. Dr. Freih. v. Tubeuf (München) bin ich für die liebenswürdige Beschaffung des Ausgangsmateriales zu großem Danke verpflichtet.

5) Ludwig, F., l. c. p. 529.

Man erhält Kulturen dieses Pilzes leicht, wenn man kleine Stückchen des jungen, noch wachsenden Hutes als Impfmasse verwendet. Solche Teile treiben bald Mycelfäden aus, die allmählich das ganze Substrat als eine gelbliche, weichflockige, duftige Masse überziehen. Fruchtkörper erhielt ich während vierjähriger Kulturen nie, hingegen fand ich, daß das Mycel stets eine so ungeheure Zahl von runden Konidien entwickelte, daß es wie von einer staubigen Masse bedeckt war. Unter den Hymenomyceten ist dieser Pilz durch diese Art der Nebenfruktifikation besonders ausgezeichnet, was eine besondere Untersuchung verdienen würde.

Wenn man das konidientragende Mycel mit absolutem Alkohol behandelt und mit einem Deckglas bedeckt, so entsteht nach einigen Minuten eine große Anzahl Kristalle von nadelartigen Formen, prismaartige, bi- und plankonvexe Gestalten und andere. Ihre chemische Natur habe ich nicht erforscht. Hingegen habe ich mich überzeugt, daß dem kultivierten Mycel sowie den im Freien erwachsenen Fruchtkörpern die Fähigkeit zu leuchten, vollständig abgeht.

Collybia cirrhata Pers.

Agaricus (Collybia) tuberosus Bull., der auf faulenden Blätterpilzen, besonders der Russula nigricans und des Lactarius piperatus vorkommt, und Agaricus (Collybia) cirrhatus Schum., der mit Vorliebe auf den alten Fruchtkörpern des Schwefelkopfs Hypholoma fasciculare Huds. lebt, leuchten nach Ludwig[1]). „Bei beiden Arten leuchten die Sklerotien an den Stellen, wo junge Fruchtkörper entspringen, und die damit zusammenhängenden Moosstücke, faulende Grashalme, Zweige, Birkenstöcke etc. sehr deutlich“ [2]). Das Leuchten soll viel schwächer als beim Hallimasch sein. Im Herbste 1905 fand ich bei Prag im Walde auf faulenden Blätterpilzen eine kleine weiße Collybia, die ich aus Sporen reinzüchtete. Wenn das Mycel auf Brot eine gewisse Größe erreicht hatte, so schickte es sich an, an einzelnen Stellen, die sich durch eine starke Tropfenausscheidung (Guttation) zu erkennen gaben, Sklerotien zu bilden. Die Sklerotien wurden in ungemein großer Zahl erzeugt, die ganze Brotmasse wurde nach und nach sozusagen in Sklerotiensubstanz umgesetzt. Sie waren erbsen- bis haselnußgroß, rund, knollenartig, glatt oder höckerig, wellig vertieft und von hellbrauner oder ockergelber Farbe. Weder an dem Mycel noch an den Sklerotien noch an den Fruchtkörpern war jemals eine Lichtentwicke-

1) Ludwig, F., l. c. p. 531.

2) Derselbe, Ueber einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz, Agaricus (Collybia) tuberosus Bull. Bot. Centralbl. Bd. XII. 1882. p. 104—106.

lung wahrzunehmen. Von Zeit zu Zeit sproßten aus den Sklerotien 1—2 cm lange und 1—2 mm dicke Fruchtstiele hervor, die an der Spitze einen 2—3 mm breiten scheibenförmigen Ansatz zu einem Hute aufwiesen, der aber in seiner Weiterentwickelung stecken blieb und sich wahrscheinlich wegen der nicht ganz natürlichen Kulturbedingungen nicht weiter ausbildete. Auch wenn solche unvollkommene Fruchtkörper hervorsproßten, konnte ich weder an diesen noch an den Sklerotien Leuchten beobachten.

Herr Prof. v. Höhnel, dem ich den Pilz in einer Reinkultur sandte, hatte die Güte, ihn zu bestimmen und ist geneigt, ihn für Collybia cirrhata Pers. zu halten. Ich kann daher bestimmt sagen, daß diese von mir in Kultur genommene Collybia nicht leuchtet, und aus diesem Grunde wird es sich empfehlen, auch die verwandten Arten, insbesondere Agaricus (Collybia) tuberosus Bull. in Reinkulturen auf Lichtentwickelung zu prüfen, um festzustellen, ob nicht die Angaben über das Leuchten dieser Art auf einem Irrtum beruhen. Jedenfalls können wir jetzt schon sagen, daß Trametes pini Fr., Polyporus sulfureus Fr. und Collybia cirrhata Pers. aus der Liste der Leuchtpilze zu streichen sind.

Panus stipticus Fr.

G. Gentry[1]) hat die Beobachtung gemacht, daß die Blätter des Hutes von Panus stipticus in Nordamerika zwar nicht immer, aber doch nicht selten leuchten. Ich habe diesen Pilz in der Umgebung von Wien mehrmals gesammelt, habe aber, obwohl ich die Hüte in verschiedenen Entwickelungsstadien sah, Lichtproduktion niemals bemerkt. Auch bei Reinkulturen auf Brot, die aber stets nur aus sterilem Mycel bestanden, war niemals Lichtentwickelung zu sehen. Wie diese widersprechenden Beobachtungen zu erklären sind, vermag ich nicht zu sagen, doch möchte ich auf eine Beobachtung aufmerksam machen, die vielleicht ein Licht auf diesen noch dunklen Punkt zu werfen vermag. Während eines Aufenthaltes (Anfang August 1911) am Wörthersee in Kärnten fand ich auf der Kapuzinerinsel an der Oberfläche eines alten Birkenstammstumpfes eine ganze Kolonie von Panus stipticus-Exemplaren, die ich mit nach Hause nahm. Als ich sie in der Nacht mit ausgeruhtem Auge betrachtete, bemerkte ich an der Unterseite eines Hutes einen deutlichen Lichtfleck. Eine genauere Untersuchung ergab aber, daß dieser Fleck von einer lebenden Made eines Insektes herrührte, die nach 2 Tagen abstarb und dann im toten Zustande noch 3 Tage weiter leuchtete. Ob in den von Gentry beobachteten Fällen das

1) Gentry, G., Phosphorescent fungi. Journ. of. Mycology. Vol. II. 1886. p. 70.

Licht vielleicht auch in analoger Weise hervorgerufen wurde oder vom Pilze selbst herrührte, bleibt unentschieden, und es wird weiterer Untersuchung bedürfen, um über die angebliche Lichtentwickelung dieses Pilzes ins klare zu kommen.

Dictyophora phalloidea Desvaux.

Namentlich in der populären botanischen Literatur [Bölsche und Francé[1])] findet sich die Angabe, daß der von A. Möller[2]) in seiner Entwickelung geschilderte Gasteromycet Dictyophora phalloidea Desv., genannt „die Dame mit dem weißen Schleier" Licht entwickele, allein dies scheint auf einem Irrtum zu beruhen, denn Möller, der doch die Pflanze in ihrer Heimat studiert hat, berührt mit keinem Worte die angebliche Lichtentwickelung dieses brasilianischen Pilzes[3]).

e) Schlußbemerkungen.

Wie ich bereits auf p. 34 angegeben, war Heller der erste, welcher die früher allgemein angenommene Ansicht, daß das Leuchten ein rein chemischer, auf der Zersetzung der Holzsubstanz beruhender Prozeß sei, als falsch erkannt hat. Nach Heller liegt hier ein biologischer Prozeß vor, das Leuchten wird durch ein Lebewesen, durch einen Pilz, hervorgerufen. Ohne Kenntnis von der Arbeit Hellers kam F. Ludwig[4]) auf Grund seiner Studien zu demselben Resultate. Th. Hartig[5]) hingegen gewann an der Hand eines Stückes weißfaulen leuchtenden Pappelholzes die Ueberzeugung, daß das Licht nicht von dem das Holz durchdringenden Pilz, sondern von der toten Substanz des sich zersetzenden Holzes ausströme.

Merkwürdigerweise äußerte sich über unsere Frage kein Geringerer als de Bary[6]) in ganz demselben Sinne mit den Worten: „Das phosphoreszierende, dem der beschriebenen Pilze ähnliche und unter den gleichen Bedingungen eintretende Leuchten, welches an nassem und weißfaulem Laub- und Nadelholze vielfach beobachtet wird, gehört nicht zu den physiologischen Prozessen. Es ist schwer zu entscheiden, ob es von

---

1) Francé, R. H., Das Leben der Pflanze. Bd. I. 1906. p. 222.

2) Möller, A., Brasilische Pilzblumen. Jena 1895. p. 111, in Schimpers Botan. Mitteilungen aus den Tropen. Heft 7.

3) Herr Kollege Möller hatte auf eine Anfrage von mir die Güte, mir zu schreiben, daß nach seinen Beobachtungen Dictyophora phalloidea nicht leuchtet.

4) Ludwig, F., Ueber die Phosphoreszenz etc. l. c. p. 29—30.

5) Hartig, Th., Ueber das Leuchten des weißfaulen Holzes. Botan. Zeitung. 1855. p. 148.

6) De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze etc. p. 230 in Hofmeisters Handbuch d. physiol. Botanik etc. Bd. II.

lebenden Pilzen herrührt, wie manche vermuteten (Röper, in Decandolles Pflanzenphysiol. II. 680; Treviranus, Physiol.) oder von der Verbrennung des Holzes selbst, denn die modernden Zellen des letzteren werden oft allenthalben von Pilzfäden durchwuchert und können von diesen nicht getrennt werden.“ Nach unseren gegenwärtigen Erfahrungen, namentlich auf Grund der Reinkulturen kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß wir es im Leuchten des Holzes mit einem biologischen Vorgang zu tun haben, der durch Pilze hervorgerufen wird. Die Reinkulturen gestatten es, zu zeigen, daß der Pilz für sich allein leuchtet, und daß das Holz, mit dem Pilze geimpft, scheinbar selbstleuchtend wird.

Es wurde auch von mancher Seite behauptet, daß die Lichtentwickelung nicht bloß auf die Zelle beschränkt sei, sondern durch Ausscheidungen auch auf die Umgebung der Zelle, also auf das Substrat übertragen werden könne. Aehnlich wie gewisse Farbstoffe aus den gefärbten Pilzhyphen in das Holz hineindiffundieren und dasselbe färben — man erinnere sich nur an das grünfaule Holz, welches bekanntlich seine grüne Färbung einem Pilze, der Peziza aeruginosa verdankt — und ähnlich wie gewisse Bakterien nach außen bestimmte Farbstoffe sezernieren und die Umgebung färben, so sollten auch die Leuchtpilze einen leuchtenden Stoff ausscheiden und das Substrat auf einige Entfernung hin leuchtend machen können. Auch glaubten Nees v. Esenbeck und Bischoff bei den Rhizomorphen einen abgesonderten Schleim zu finden, der für sich leuchte und den damit eingeriebenen Finger leuchtend mache. Diese Beobachtungen kann ich nicht bestätigen. Was zunächst die Rhizomorphen des Hallimasch anbelangt, so ist es zwar richtig, daß man durch Reiben leuchtender Stücke die Finger leuchtend machen kann, allein dies ist nur dann möglich, wenn man auf die Finger wirklich leuchtende Zellen bringt. Dies geschieht in der Tat beim Zerreiben der leuchtenden Stränge, nur wenn bei der Bearbeitung mit den Fingern Zellen von den Strängen abgeschabt und auf die Oberfläche der Finger gebracht werden, leuchten diese.

Bei meinen Reinkulturen habe ich gleichfalls durch mehrere Jahre hindurch auf das sorgfältigste geprüft, ob sich das Leuchten auch außerhalb des Myceliums einstelle, aber ich habe hierfür nicht den mindesten Beleg gefunden. Immer war das Leuchten auf den Pilz selbst beschränkt und von einer Ausscheidung einer leuchtenden Substanz nach außen in die Umgebung war nie etwas zu bemerken. Die Lichtentwickelung erfolgt daher, soweit unsere Beobachtungen reichen, nur intracellulär.

Schließlich möchte ich noch einer Ansicht entgegentreten, die hie und da in der Literatur immer wieder auftaucht, daß an dem Leuchten

des Holzes auch Bakterien beteiligt sein dürften. Ich kann hierzu bemerken, daß ich fast Hundert den verschiedensten Orten (auch den Tropen) entstammende Proben von Leuchtholz in meinen Händen gehabt und daraufhin untersucht habe, ohne auch nur den geringsten Anhaltspunkt für die geäußerte Vermutung zu finden.

3. Ueber das Blitzen des Holzes.

Charakteristisch für das Leuchten des Holzes, welches durch Pilze bedingt wird, ist, daß es tage-, ja wochenlang ununterbrochen Tag und Nacht andauert, mit einem Worte, daß es kontinuierlich ist.

Bei meinen Studien habe ich nun auch ein Leuchten faulen Holzes kennen gelernt, wie es bisher nicht beschrieben wurde und das von dem gewöhnlichen dadurch abweicht, daß das Holz nicht andauernd, sondern blitzartig aufleuchtet.

Im Herbste 1901 sammelte ich im kaiserlichen Tiergarten „Stern" bei Prag ein faustgroßes Stück eines vermodernden, noch mit Rinde umkleideten Holzes, welches ich in eine Kristallisierschale legte und von Zeit zu Zeit auf Lichtentwickelung prüfte. In den ersten 2 Wochen blieb alles dunkel. Als ich aber hierauf die Schale im Finstern schüttelte, blitzte zu meiner großen Ueberraschung das Holz an mehreren Stellen in winzig kleinen Pünktchen auf, um nach mehreren Sekunden bis einer halben Minute wieder zu verlöschen.

Da, wie ich später noch hervorheben werde, das Licht der Pilze im Gegensatz zu dem der meisten Tiere stets dadurch ausgezeichnet ist, daß es relativ lange Zeit andauert und nicht erst auf äußere Reize hin, sondern gewissermaßen spontan auftritt, so kam mir sofort die Vermutung, daß es sich hier nicht um eine Lichtentwickelung von Pilzen, sondern um eine solche von Tieren handeln dürfte.

Es war nicht ganz leicht, der Sache gleich auf den Grund zu kommen, da die entstehenden Lichtpunkte außerordentlich klein waren. Nach mehrfachen Bemühungen glückte es mir aber immer, wenn ich aus der Dunkelkammer mit den aufblitzenden Sternen ins Licht eilte, festzustellen, daß das Licht von einem kleinen Insekt, der Neanura muscorum Templeton ausging, einem zu den Collembolen (Springschwänzen) gehörigen Tier, das überall unter Blumentöpfen, Steinen, also meistenteils an dunkeln Orten lebt und hier ein improvisiertes Höhlenleben führt[1]).

---

1) Für die gütige Bestimmung dieses Insektes bin ich Herrn K. Absolon in Prag zu großem Danke verpflichtet. Ich habe in der zoologischen Literatur, soweit

Daß dieses Insekt das Blitzen des Holzes verursacht, darüber kann kein Zweifel sein; denn wenn ich mehrere dieser Tierchen in eine kleine Eprouvette hineingab und kräftig schüttelte, so entstanden ebensoviele Lichtpunkte als Tiere vorhanden waren. Bei mehrfacher Wiederholung des Versuches gibt die Neanura kein Licht; läßt man die Tiere aber wieder einige Zeit in Ruhe, dann antworten sie auf mechanische Reize wieder mit einem plötzlichen Aufleuchten.

Das Blitzen des Holzes konnte ich monatelang beobachten, es scheint also, daß die Neanura jederzeit zu blitzen vermag, während bekanntlich andere Tiere, wie gewisse Myriopoden und Regenwürmer nur unter ganz besonderen Umständen leuchten. Ludwig beobachtete vor einiger Zeit zwischen Holzstücken, die von Hallimaschmycel durchsetzt waren, leuchtende Exemplare von Scolioplanes acuminatus = cranipes C. Koch und er hält es für wahrscheinlich, daß diese Tiere kein eigenes Leuchtorgan besitzen, sondern daß sie Hallimaschmycel fressen und die Leuchtsubstanz desselben in den Tieren weiter fortleuchtet. „Die fortleuchtenden Tiere, welche wir fanden, lebten in dem lichtfaulen Holz und mögen von dem leuchtenden Mycel des Pilzes oder seinen Ausscheidungen gefressen haben“ [1]). Daß gewisse Myriopoden nur unter bestimmten Umständen leuchten, kann ich aus eigener Erfahrung bestätigen. Vor zwei Jahren fand ich in meinem warmen Gewächshause unter Blumentöpfen einen kleinen, mir nicht näher bekannten Tausendfuß aus der Abteilung der Chilognathae, der sehr schön leuchtete. Als ich aber einige Tage darauf und in den folgenden Monaten mehrmals auf diesen Myriopoden Jagd machte, gelang es mir zwar mehrere Exemplare zu erbeuten, aber ein leuchtendes zu fangen, gelang mir nicht mehr. Es wäre ja immerhin möglich, daß die Vermutung Ludwigs, das Leuchtvermögen hänge mit der Nahrung zusammen und sei von ihr abhängig, richtig ist. Um dies zu entscheiden, müßte man die Tiere in der Natur und in der Gefangenschaft eingehend beobachten und Fütterungsversuche mit Reinkulturen von photogenen Pilzen anstellen, ein Gedanke, den auch schon Ludwig ausgesprochen hat.

B. Ueber leuchtende verwesende Blätter.

Als ich im Winter 1897/98 auf Java weilte, schenkte ich dem Leuchten von Pflanzen und Tieren große Aufmerksamkeit. In der Nähe

---

sie mir zugänglich war, nirgends eine Angabe über das Vermögen dieses Tieres, Licht zu entwickeln, gefunden, weshalb ich die Aufmerksamkeit der Zoologen darauf lenken möchte. Es dürfte bei genauerer Untersuchung der Collembolen und ihrer Verwandten auf ihre eventuelle Lichtproduktion hin sich vielleicht ergeben, daß die Fähigkeit des Leuchtens auch noch bei anderen Arten oder Gattungen dieser Tiergruppe vorkommt. Ich glaube diese Vermutung um so sicherer aussprechen zu dürfen, als auch Dubois (Leçons de Physiologie générale et comparée. Paris 1898. p. 419) in der Umgebung von Heidelberg im Oktober 1886 bei einer nahe verwandten Gattung, bei Lipura noctiluca, zufällig im Boden eines Hopfenfeldes das Leuchtvermögen entdeckte.

1) Ludwig, F., Phosphoreszierende Tausendfüßler und die Lichtfäule des Holzes. Centralbl. f. Bakt. et. II. Abt. Bd. VII. 1901. p. 270.

meiner Wohnung im botanischen Garten zu Buitenzorg stand eine Rotangpalme, auf deren alten abgestorbenen Blättern sich ein kleiner weißer Blätterpilz [1]) entwickelte, der im bläulichgrünen Lichte so intensiv leuchtete, daß man ihn auf 20 Schritte und mehr deutlich erkennen konnte. Abends, wenn ich auf der Veranda vor meinem Hause, das mir Herr Direktor Treub in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte, saß, kamen malayische Knaben und Mädchen herbei und boten mir, auf ihren Fersen hockend, leuchtende Insekten, leuchtendes Stamm- und Wurzelholz an, da sie wußten, daß ich mich hierfür interessiere. Die gesammelten Objekte bewahrte ich im feuchten Raume von Glasgefäßen im Schlafzimmer auf, und so war es mir möglich, die Lichtentwickelung längere Zeit hindurch zu beobachten. Wenn ich nachts aus dem Schlafe erwachte und durch das Moskitonetz meines Bettes hindurch mit den ausgeruhten und nunmehr für die kleinsten Helligkeiten empfindlichen Augen auf die weißlichen, grünlichen oder bläulichen Leuchtobjekte, die den Raum mit einem magischen Dämmerlichte erfüllten, blickte, wähnte ich in einer Geisterstube zu sein. — Gleich bei meinen ersten nächtlichen Spaziergängen in Buitenzorg fand ich einen höchst auffallenden Gegenstand: leuchtende, verwesende Bambusablätter. Die vollständig abgestorbenen, gelb und strohig gewordenen Blätter verschiedener Bambusa-Arten leuchten im feuchten Zustande in weißlichem Lichte. Dies ist in Buitenzorg bei Bambusa eine häufige Erscheinung. Bei weiterem Nachforschen zeigte es sich, daß dieses Phänomen nicht auf Bambusa allein beschränkt ist, sondern daß es bei den abgefallenen toten Blättern auch anderer Pflanzen vorkommt, so bei Nephelium sp., bei Nephelium lappaceum, Aglaia tomentosa und anderen. Die Lichtentwickelung währt, wofern man die Blätter im feuchten Raume hält, oft eine bis mehrere Wochen. Der Hortulanus im Buitenzorger Garten, Herr Smith, hatte die Güte, mir später, nachdem ich ihn auf das Leuchten von Blättern aufmerksam gemacht hatte, mir solche nach Europa, nach Prag zu schicken. An einzelnen konnte ich bei ihrer Ankunft noch ganz deutlich ein Leuchten beobachten, obwohl die Blätter etwa 5—6 Wochen auf der Reise waren, bevor sie in meine Hände gelangten. Das Licht war ruhig, weißlich und geht nur von vollständig abgestorbenen braunen oder strohgelb gewordenen Blättern aus. Bei

---

1) Eine Abbildung dieses Pilzes findet sich bei Holtermann (Mykologische Untersuchungen aus den Tropen, 1898) auf Taf. X Fig. 4a—c. Dieser Pilz wurde später auch von Volkens an der betreffenden Stelle auf Java gesehen und von Hennings Mycaena illuminans P. Henn. n. sp. benannt. Siehe Hedwigia. Bd. XLII. 1903. p. 309.

mikroskopischer Betrachtung erwiesen sie sich da, wo sie Licht ausstrahlten, durchsetzt von einem mehr oder minder dichten Hyphengeflecht.

Als ich nach Europa zurückkehrte, fand ich, daß Tulasne[1]) schon im Jahre 1848 in Frankreich leuchtende vermodernde Eichenblätter gesehen hatte. Gelegentlich seiner Untersuchungen über das Leuchten der Rhizomorpha fand er zufällig, daß die feuchten Blätter und kleinen Aeste der Eiche, welche er zur Einhüllung der gesammelten Rhizomorphen verwendete, um sie vor dem Eintrocknen zu bewahren, leuchteten. Es waren Blätter vom vorigen Jahre, im Frühjahre normal abgefallen, im feuchten Zustande, elastisch und noch ziemlich fest. Sie leuchteten nicht auf ihrer ganzen Oberfläche, sondern die Lichtentwickelung war da am stärksten, wo die braune Farbe des Blattes schon verblaßt war und einer mehr weißlichen Platz gemacht hatte.

Da seit Tulasne über das Leuchten von Blättern meines Wissens keine weiteren genaueren Beobachtungen veröffentlicht worden sind, so habe ich in den letzten 12 Jahren die Sache weiter verfolgt, und es war mir, ausgerüstet mit meinen in den Tropen gemachten Erfahrungen, nicht unwahrscheinlich, daß die Erscheinung leuchtenden Laubes in Europa eine verbreitetere Sache sein dürfte, als man bisher anzunehmen geneigt war. Der Erfolg meiner Bemühungen war überraschend.

Anfangs wollte es mir allerdings nicht gelingen, leuchtende Blätter zu finden, weil, wie ich jetzt weiß, die Blätter in einem bestimmten Zustand der Zersetzung sein müssen, wenn sie leuchten sollen. Während eines mehrwöchigen Ferienaufenthaltes in Zell am See (Salzburg) war ich längere Zeit auf der Suche nach derartigem Laub, bis es mir endlich im August gelang, an einer Probe von Buchenblättern (Fagus silvatica), die ich nach Hause mitgenommen hatte, unzweifelhafte Lichtentwickelung festzustellen. Die Blätter waren vom vorigen Jahre, feucht, von brauner bis weißlich-gelber Färbung, entweder noch gut erhalten oder bereits locker gefügt, netzartig durchlocht oder zerfasert. Sie leuchteten meist stellenweise, seltener längs ihrer ganzen Ausdehnung, und zwar in einem ruhigen, matten, weißlichen Lichte ähnlich wie mein Leuchtmycelium x. Um das Licht zu sehen, ist es am besten, die Blätter während der Nacht in einem finsteren Zimmer zu betrachten. Legt man Leuchtblätter in eine feucht gehaltene Kristallisierschale, so kann man mehrere Nächte hindurch die Lichtentwickelung beobachten, ja ich habe Blätter gehabt, die ein bis zwei Monate fortfuhren, Licht zu pro-

1) Tulasne, L. R., Sur la phosphorescence spontanée de l'Agaricus olearius DC., du Rhizomorpha subterranea Pers. et de feuilles mortes du chêne. Annal. d. scienc. III. sér. Bot. T. IX. 1848. p. 353.

duzieren, allerdings mit abnehmender Intensität. Beim Austrocknen verschwindet das Licht, in manchen Fällen konnte ich durch Benetzung mit Wasser die Lichtentwickelung von neuem hervorrufen.

Einmal damit genauer vertraut, in welchem Zustande und unter welchen Verhältnissen Blätter sein müssen, wenn sie leuchten sollen, erhält man nach und nach einen Blick für leuchtendes Laub; man kann dann fast mit Gewißheit bei jedem Spaziergang durch den Laubwald zumal während der Vegetationsperiode leuchtende Blätter mit nach Hause bringen.

Die eben geschilderte Art der Lichtproduktion ist aber nicht bloß auf die Blätter der Eiche und Rotbuche beschränkt, sondern kommt, wie ich mich vielfach überzeugte, auch bei der Hainbuche (Carpinus Betulus) und beim Ahorn (Acer Pseudoplatanus) vor. Alle diese Blätter fand ich in den Wäldern der Umgebung von Zell am See im leuchtenden Zustande vor. Bei weiterem Verfolg dieser Erscheinung fand ich sie auch in den Wäldern von Tirol (Kitzbühel), in der Umgebung von Prag, Wien, in Oberbayern bei Kochel am See, auf Rügen bei Göhren und Putbus und an anderen Orten.

Fig. 12. Ein verwesendes Blatt der Buche (*Fagus silvatica*). Hauptsächlich die hellen, in Wirklichkeit weißlichgelben Stellen leuchten.

Will man sich leuchtende Blätter verschaffen, so achte man besonders auf folgende Umstände. Man suche vornehmlich da, wo die vom vorigen und von früheren Jahren herrührenden abgefallenen Blätter in dickerer Schicht, etwa 10—30 cm übereinander liegen. Die obersten Blätter sind zumeist trocken, braun und von fester Konsistenz. Sie leuchten nicht. Darunter liegt dann häufig eine Zone von Blättern, die wie die Blätter eines Buches, nur wirr durcheinander, platt aneinander liegen, bereits in einem weiteren Grade der Zersetzung sich befinden und sich durch eine mehr gelbliche oder weißlichgelbe Farbe auszeichnen, die entweder schon am ganzen Blatte oder nur auf einzelnen Flecken wahrzunehmen ist. Die Fig. 12

stellt die Photographie eines Buchenblattes mit solchen hellgelben Flecken dar.

Hauptsächlich die von dem tieferen Braun des Blattes abstechenden hellen Flecken leuchten, sie geben den Grad der Zersetzung des Blattes an, der für die Lichtentwickelung am günstigsten ist. Sammelt man ein paar Handvoll solcher Blätter, so kann man sicher sein, an ihnen während der Nacht eine mehr minder deutliche, nicht selten prachtvolle Lichtentwickelung beobachten zu können.

Jetzt, da ich die Erscheinung seit zwölf Jahren kenne und ihre weite Verbreitung konstatiert habe, kann ich, ohne Gefahr zu laufen, der Uebertreibung geziehen zu werden, sagen, daß in einem Eichen- oder Buchenwald ein nicht geringer Bruchteil des abgefallenen Laubes sich im Zustande des Leuchtens befindet, und der Waldboden allenthalben von dem Lichte verwesenden Laubes bestrahlt wird.

Man sollte meinen, daß eine so weit verbreitete Erscheinung den Förstern, Landleuten und zahlreichen Botanikern, mit denen ich sprach, bekannt sei, allein ich habe mich überzeugt, daß dies nicht der Fall ist, wahrscheinlich weil die meisten Menschen bei aller Vorliebe für den Wald denselben im Dunkeln meiden.

Immer waren die leuchtenden Blätter von vielen bräunlichen oder farblosen Pilzhyphen durchsetzt, häufig waren schon mit einer schwachen Lupe schwarzbraune kugelige Pünktchen zu sehen, die die Fruchtkörper eines mir unbekannten Pilzes darstellten. Trotzdem ich viele Mühe darauf verwendete, den das Leuchten der Blätter verursachenden Pilz auf den verschiedensten Substraten nach der bakteriologischen Methodik zu isolieren, blieben doch alle Versuche in dieser Richtung bisher vergebens, so daß ich über den oder die Urheber der Lichtentwickelung vorläufig leider nichts auszusagen vermag.

β) Bakterien.

Obwohl die Existenz leuchtender toter Organismen namentlich den an der See wohnenden Menschen sicherlich schon im Altertum bekannt gewesen sein dürfte, so blieb es doch erst dem 19. Jahrhunderte vorbehalten, die Lichtentwickelung an solchen Tieren auf lebende Wesen, nämlich auf Leuchtbakterien zurückzuführen und in diesem Leuchten einen biochemischen Prozeß zu erkennen. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere, toter mariner Fische und anderer Seetiere.

A. Ueber das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere.

Meine ausführlichen Untersuchungen über diesen Gegenstand habe ich vor 9 Jahren veröffentlicht[1]). Im folgenden sei das Wesentliche darüber mitgeteilt.

1. Historisches.

Den ersten verläßlichen Bericht über ein leuchtendes Fleisch verdanken wir meines Wissens dem berühmten Anatomen zu Padua Hieron. Fabricius ab Aquapendente. Zu Ostern 1592 leuchteten nachts Stücke eines aus der Fleischbank zu Padua gekauften Lammes. In seinem Werke De oculo visus organo, cap. IV. berichtet der genannte Autor darüber mit den Worten: „Das Licht muß sich ohngefähr anderthalb Tage nach dem Schlachten eingestellt, und wenigstens vier Tage angehalten haben; ein damit in Berührung stehendes Stück Bockfleisch leuchtete gleichfalls: das Licht zeigte sich auf dem muskulösen Fleisch und auf dem Fette; der Glanz war silberweiß, man konnte damit die Finger und jeden anderen Körper leuchtend machen, indem sich eine klebrichte Feuchtigkeit ausschied“[2]).

Ueber einen ähnlichen Fall, der sich im April 1641 zu Montpellier ereignet hatte, berichtet Bartholin[2]). Vom Markte nach Hause gebrachtes Hammelfleisch fing während der Nacht an zu leuchten. Der Vorfall machte Aufsehen. Wißbegierige erhielten leuchtende Stücke davon; hieraus ergab sich bei weiterem Nachforschen, daß die Fleischer von Montpellier zu eben der Zeit dieses Leuchten an mehreren Fleischarten, namentlich auch an Ochsenfleisch, nur nicht so schön wie bei Schafen, bemerkt hatten und daß sich dieser Fall in ihren Fleischbänken schon öfter in früheren Jahren ereignet habe. Das Licht trat besonders am Schafkopf, an dem Nierenfette und an den Membranen auf: es war weißlich, nicht flächenweise, sondern gleich Sternen verteilt, hielt bis zur Fäulnis an, und konnte vom Fleisch getrennt werden. Von Vesling in Padua wird erzählt, daß er frische Scheiben von Tiergehirnen (Mactatorum pecudum) leuchten gesehen habe[3]).

R. Boyle[4]) und Beal beobachteten bei Kalb-, Schweine- und Huhnfleisch ein phosphorisches Licht. Es war so intensiv, daß man

---

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten des Fleisches insbesondere toter Schlachttiere. Botan. Zeitg. 1903.

2) Heinrich, Placidus, l. c. 3. Abh. 1815. p. 382.

3) Zitiert nach Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. April 1834. p. 418.

4) Phil. Transactions. 1672. No. 89 u. 1676. No. 125.

größeren Druck dabei lesen und prismatische Farben unterscheiden konnte. Wurde das Fleisch unter Wasser getaucht, so erlosch das Licht nach zwei Stunden, unter Weingeist nach 15 Minuten. Beim Verdünnen der Luft unter der Luftpumpe nahm das Licht ab, beim Zuströmen der Luft aber wieder zu. Da Boyle später vergebens nach solchem Fleisch suchte, so nimmt er an, daß das Leuchten des Fleisches nur unter ganz besonderen Umständen auftrete.

Auch Beal berichtet über mehrere Fälle von starkem Leuchten noch frischen Fleisches in London, und fügt hinzu, daß das Fleisch auf dem Markte am Strande schon nach vier Stunden leuchte, und daß auch eingemachte gekochte Schweinsfüße leuchten[1]).

Es wurde bereits früher (p. 34) bemerkt, daß F. Heller das Leuchten des Holzes als einen biologischen Prozeß, hervorgerufen durch einen Pilz, erkannte. Dasselbe hatte er auch für das Leuchten toter mariner Fische und von Würsten dargetan (p. 63 u. p. 68). Obwohl er sich speziell mit dem Leuchten von Schlachtviehfleisch nicht abgegeben hatte, so gelangte er doch, namentlich auf Grund seiner Versuche mit Seefischen, zu dem richtigen Schlusse[2]): „Die Unterscheidung eines Leuchtens verwesender oder faulender Tiere und Tierstoffe vom Leuchten lebender Tiere fällt gänzlich weg, denn: die verwesenden und faulenden Tiere leuchten nicht, sondern es leuchtet ein nach dem Tode sich an den Tierstoffen bildender Pilz, somit wieder eine Pflanze, für welche ich den Namen Sarcina noctiluca vorgeschlagen habe. Nur die Sarcina noctiluca leuchtet an toten Tieren und tierischen Teilen und kein einziges der während der Verwesung und Fäulnis sich entwickelnden chemischen Produkte. Es ist somit auch das Leuchten toter Tiere und Tierstoffe vom chemischen Prozesse der Verwesung und Fäulnis gänzlich unabhängig und jede Annahme einer spontan leuchtenden Phosphorverbindung falsch."

Die Arbeit Hellers bedeutet für unsere Frage einen sehr wichtigen Fortschritt, sie hätte mit einem Schlage der Forschung neue Wege gewiesen, wenn sie nicht in einem wenig bekannten und dabei eingehenden Archiv erschienen und damit ganz der Vergessenheit anheimgefallen wäre. Ohne Kenntnis von Hellers vortrefflicher Arbeit kam bekanntlich der Physiologe Pflüger[3]) auf Grund eingehender Literaturstudien, Erwägungen und Versuche zu demselben Resultate, und allgemein wird

---

1) Phil. Transactions. 1846.

2) Heller, F. J., l. c. p. 246.

3) Pflüger, P., Beiträge zur Lehre von der Respiration. Arch. f. d. ges. Physiol. etc. Bd. X. 1875. p. 251—367. Bd. XI. 1875. p. 222—263.

Pflüger das Verdienst zugeschrieben, das Leuchten von Fleisch und Fischen auf Pilze zurückgeführt zu haben. Ohne die großen Verdienste des berühmten Bonner Physiologen um die angedeutete Frage im mindesten schmälern zu wollen, muß die Priorität darin doch Heller zugeschrieben werden.

1862 erwähnt Hanckel[1]) einen Fall von leuchtendem Fleisch. Gehacktes Rind- und Schweinefleisch wurde bei einem der größten Fleischer Leipzigs gekauft und sollte, nachdem es mit Salz und Kümmel vermengt worden, zur Mahlzeit bereitet werden. Nächsten Morgen fand die Magd einen Teil des Fleisches leuchtend und in diesem Zustande wurde es Hanckel überbracht. Er untersuchte das Schweinefleisch, welches allein leuchtete, bei 400maliger Vergrößerung mikroskopisch, konnte aber darauf weder Infusorien noch Kryptogamen nachweisen, sondern nur feststellen, daß das Licht von „kleinen, schmierig aussehenden Massen" ausging. Während das Fleisch noch auf Schnee leuchtete, erlosch das Licht bei 30° R. Kohlensäure bringt das Licht zum Verschwinden, Zutritt von atmosphärischer Luft hingegen bringt es wieder zum Vorschein.

Nuesch[2]) beobachtete leuchtende Schweinskotelette und überzeugte sich, daß bei dem Fleischer, welcher sie geliefert hatte, in der Vorratskammer alles hineingebrachte Fleisch Licht entwickelte. Als Erreger des Lichtes betrachtet er eine zoogloeaartige Masse, welche aus kleinen kugeligen und hefeartigen vergrößerten Zellen besteht, die er Bacterium lucens nennt.

Lassar[3]) sah im November 1879 leuchtendes Schweinefleisch. Am Montag wurde geschlachtet, und am Donnerstag konnte man beim Eintritt in die halbdunkle Speisekammer das überraschende Schauspiel leuchtenden Fleisches wahrnehmen. Er deutet Zoogloea-Haufen, „welche Körner von der gewöhnlichen, diejenige der Fäulnis-Sphäro-Bakterien weit übertreffenden Größe in sich einschlossen", als Ursache des Lichtes. Reinkulturen davon hat Lassar leider nicht gewonnen, und aus der gegebenen Beschreibung ist wohl nicht zu entnehmen, welcher Art die erwähnten Kokken angehören dürften.

Lassar hebt hervor, daß das Salzwasser, in welchem leuchtendes Fleisch lag, nicht zum Leuchten gebracht werden konnte, daß in der

---

1) Hanckel, W., Notiz über phosphorisches Leuchten des Fleisches. Poggendorffs Annalen d. Physik u. Chemie. Bd. CXV. 1862. p. 62.

2) Nuesch, J., Ueber das leuchtende Fleisch gestorbener Tiere. Kosmos IV u. „Gaea". Bd. XIII. 1877.

3) Lassar, O., Die Mikrokokken der Phosphoreszenz. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie etc. Bd. XXI. 1880. p. 104—108.

betreffenden Speisekammer seit längerer Zeit keinerlei See- und Flußtiere aufbewahrt wurden und daß das leuchtende Fleisch ohne jede schädliche Folge verzehrt werden konnte.

Großes Interesse für das Leuchten des Fleisches und toter Fische bekundete F. Ludwig[1]). „Ich habe nun seit einer Reihe von Jahren sowohl die Phosphoreszenz der Fische als auch des Fleisches der Schlachttiere nach verschiedenen Seiten hin untersucht und dabei gefunden, daß in beiden Fällen ein und derselbe Spaltpilz der Urheber der Lichterscheinung ist, den ich nunmehr als Micrococcus Pflügeri glaube bezeichnen zu sollen."

Heute wissen wir allerdings, daß das Leuchten der Fische von verschiedenen photogenen Bakterien hervorgerufen werden kann und daß die Ansicht, an dem Leuchten des Fleisches und der Fische sei ein und derselbe Spaltpilz schuld, nur mehr historisches Interesse besitzt. Auf Einzelheiten der Ludwigschen Arbeit komme ich später noch zurück.

Blanc[2]) sah im Januar 1885 in einer Pferdeschlächterei leuchtendes Fleisch, und zur selben Zeit gewahrte Moulé[3]) leuchtendes Hammelfleisch zu Paris.

Auch Dubois[4]) beobachtete im Februar 1891 auf einem abgezogenen Hauskaninchen, das auf dem Markte gekauft worden war, Lichtentwickelung. Der Lichterreger ist außerordentlich klein, unbeweglich, verflüssigt nicht Gelatine, liebt Kochsalz (3 Proz.), eine relativ niedere Temperatur (12°) und leuchtet mit grünem Lichte. Dubois nennt ihn Photobacterium sarcophilum.

2. Eigene Untersuchungen.

Alles in allem genommen wurde das spontane Leuchten des Schlachtviehfleisches, wie aus der historischen Uebersicht hervorgeht, verhältnismäßig selten beobachtet; gewöhnlich wird es als eine Aufsehen erregende Rarität, als eine Merkwürdigkeit hingestellt, die nur unter gewissen unbekannten Umständen auftreten soll. In Anbetracht der Seltenheit und der relativ kurzen Dauer unserer Erscheinung war man begreiflicher-

---

1) Ludwig, F., Micrococcus Pflügeri Ludw., ein neuer photogener Pilz. Hedwigia 1884. p. 33—37. Derselbe, Lehrbuch der Kryptogamenkunde. 1892. p. 69.

2) Blanc, Journal de médecine vétérinaire. 3. sér. T. XII. 1887. p. 468.

3) Moulé, Recueil de médecine vétérinaire. 7. sér. T. III. No. 4.

4) Dubois, R., Les microbes lumineux. Extrait de l'Echo des Sociétés et Association vétérinaires. Lyon 1889. p. 10. Derselbe, Nouvelles recherches sur la phosphorescence de la viande. Lyon 1891. Derselbe, Sur la production de phosphorescence de la viande par le Photobacterium sarcophilum.

weise nicht gut in der Lage, die Sache genau verfolgen zu können, und so kommt es, daß wir über das Leuchten des Fleisches noch recht mangelhaft unterrichtet sind, daß die Beschreibungen über den Lichterreger recht lückenhaft und einander vielfach widersprechend klingen, daß eine genaue, modernen Ansprüchen der Bakteriologie entsprechende Beschreibung der Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches sich als dringend notwendig herausgestellt hat, und auch die Frage, ob das spontane Leuchten des Fleisches und der Seefische durch dieselben Bakterien bedingt wird, einer erneuten Untersuchung unterworfen werden muß.

Meine Bemühungen, den aufgeworfenen Fragen näher zu treten, stießen anfangs auf Widerstand, wegen der Schwierigkeiten, sich das nötige Material zu verschaffen. Ich setzte mich zunächst mit verschiedenen Veterinär-, hygienischen und Nahrungsmittelinstituten in Verbindung mit der Bitte, mir Fälle von leuchtendem Fleisch rasch bekannt zu machen und zur Untersuchung zu übersenden. Derlei Institute waren beim besten Willen nicht imstande, meinen Wünschen zu entsprechen. Naheliegend war es auch, sich in der Sache an verschiedene Metzger zu wenden, allein ich merkte bald, daß ich mit meinen Absichten schlecht ankam, weil man gleich in meinen Untersuchungen eine das Gewerbe schädigende Kontrolle vermutete. Migula[1]) erzählt eine kleine Episode, die das Gesagte nur noch bestätigen kann: „So ist mir noch in diesem Jahre (1896) passiert, daß, als ich zufällig an einem frisch vom Metzger geholten Stück Kalbfleisch Leuchten bemerkte, und in meiner Freude über diesen Fund mich persönlich in den Laden begab, um einige Nachforschungen zu halten, mich der Mann himmelhoch beschwor, über den Vorfall zu schweigen, weil sonst sein ganzes Geschäft ruiniert sei."

Als ich schon nahe daran war, meinen Plan aufzugeben, kam mir der Gedanke, das Fleisch, welches der Fleischer täglich für meine Küche lieferte, zu untersuchen, und ich war nicht wenig überrascht, als gleich die erste und dritte Rindfleischprobe nach zweitägigem Liegen in einem kühlen Zimmer leuchtete. Die Versuche wurden am 28. Oktober 1901 in Prag systematisch begonnen. Fast täglich wurde von dem überbrachten Rindfleisch und anderen Fleischarten ein flaches, kinderhandgroßes Stück abgeschnitten und ins Institut genommen. Daselbst legte ich das Fleisch in eine sterilisierte Doppel-Petrischale und stellte sie in einem ungeheizten Zimmer bei einer etwa zwischen 9—12° C schwankenden Temperatur im schwachen diffusen Lichte, überdies noch mit einer großen Glasglocke bedeckt, auf. Bei einer großen Anzahl von Versuchen schnitt ich mit einem sterilisierten Messer das Fleisch-

1) Migula, W., System der Bakterien. Bd. I. Jena 1897. p. 335.

stück in zwei Hälften, von denen die eine mit ein wenig (einer Prise) Kochsalz bestreut wurde, um den Einfluß des Natriumchlorids auf das Zustandekommen des Leuchtens kennen zu lernen.

Da ich das Leuchten zu meiner Ueberraschung viel häufiger auftreten sah, als ich erwartet hatte, erwachte in mir der Verdacht, daß vielleicht nur das Fleisch meines Metzgerladens diese Eigentümlichkeit habe. Ich ließ daher das Fleisch auch von verschiedenen anderen Orten Prags holen, allein die Resultate waren auch in diesen Fällen wesentlich dieselben. Indem ich bezüglich der detaillierten, in Tabellen zusammengestellten Versuche auf meine Arbeit[1]) verweise, seien hier nur kurz die Resultate wiedergegeben. Es wurden im ganzen in der angegebenen Weise während der Monate Oktober bis inklusive Dezember 76 Proben von geschlachtetem Rind auf spontanes Leuchten geprüft, und zwar 48 Rindfleisch-, 10 Kalbfleisch- und 18 Leberproben. Dabei ergab sich, daß von den gesamten Objekten 48 Proz. leuchteten, nämlich von

Rindfleisch	52 Proz.
Kalbfleisch	50 „
Rindsleber	39 „

Wenn auch das Kochsalz für das Auftreten der Erscheinung nicht gerade notwendig ist, so erwies sich das Bestreuen mit Kochsalz für das Aufkommen der Leuchtbakterien jedenfalls als in hohem Grade förderlich, denn unter 20 Proben ungesalzenen Rindfleisches leuchteten nur 6, während dies bei 20 Proben gesalzenen Rindfleisches 15mal der Fall war.

Dieselben Versuche wurden auch mit Pferdefleischproben, die täglich aus Pferdefleischläden geholt wurden, gemacht und die erhaltenen Resultate waren ganz ähnlich.

Obwohl die nach der angegebenen Methode, die ich, weil das Fleisch hierbei an der Luft lag, kurz als „Luftmethode“ bezeichnen will, erzielten Ergebnisse überraschend waren und ganz gegen alle Erwartung befriedigend ausfielen, kam ich im Verlauf weiterer Untersuchungen auf ein anderes Verfahren, das einen noch bei weitem höheren Prozentsatz von leuchtendem Fleisch lieferte. Anstatt nämlich, wie dies in den bisherigen Versuchen geschah, das Fleisch gesalzen oder ungesalzen in Luft hinzulegen, gab ich die Fleischstücke direkt in eine 3-proz. Kochsalzlösung (in destill. Wasser), ohne sie mit Soda erst etwas alkalisch zu machen, da sich dies als ziemlich gleichgültig erwies.

Das zu prüfende, kinderfaustgroße, vom Fleischhauer eben überbrachte Fleischstück wurde in eine kleine, etwa 6 cm breite, sterilisierte

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 7 ff.

Kristallisierschale (oder in Vogelnäpfchen) gebracht und mit der Kochsalzlösung so weit übergossen, daß es zum Teil noch über die Flüssigkeit herausragte. Das letztere ist von Bedeutung, weil die untergetauchten Fleischteile häufig nicht leuchten, während die über dem Flüssigkeitsspiegel befindlichen Partieen in sternartigem Lichte erglänzen. Oder es wurde so vorgegangen, daß ich zunächst in einer mit der Salzlösung beschickten Kristallisierschale das Fleischstück $^1/_4$ Stunde liegen ließ, wobei sich das Wasser infolge des austretenden Fleischsaftes gewöhnlich etwas bräunlich oder blutig färbte. Darauf kam das Fleischstück in eine mit Kochsalz versehene Schale, wo es nun verblieb. Die beiden Schalen, sowohl die mit dem Fleischwasser als auch die mit dem Fleische wurden dann im ungeheizten Zimmer, dessen Temperatur 9—11° C betrug, unter einem Glassturz in schwach diffusem Lichte aufgestellt und nachts mit wohlausgeruhtem Auge auf Leuchten untersucht.

Nicht unerwähnt bleibe der Umstand, daß bei den Versuchen nur mit sterilisierten Schalen, Messern und Pinzetten gearbeitet wurde, um eine Ansteckung von Fleischstück zu Fleischstück zu vermeiden.

Die nach der zweiten Methode erhaltenen Resultate stellten sich noch bei weitem günstiger als die nach der „Luftmethode“ erzielten. Denn von den gesamten, nach der „Salzwassermethode“ geprüften Fleischstücken (Rind- und Pferdefleisch) leuchteten nicht weniger als ungefähr 87 Proz. und zwar

von den Rindfleischproben	89	Proz.
von den Pferdefleischproben	65,5	„

Von den Fleischwasserproben leuchteten im ganzen 68,4 Proz., und zwar

Rindfleischwasserproben	87,5	Proz.
Pferdefleischwasserproben	54,5	„

Bisher hat man das spontane Leuchten von Fleisch als eine große Seltenheit hingestellt, die sich nur unter ganz besonderen Umständen einstellt, allein meine Untersuchungen zeigen, daß das spontane Leuchten des Schlachtviehfleisches, wenn nur das Fleisch bis zur eben beginnenden Fäulnis bei relativ niederer Temperatur aufbewahrt wird, sehr häufig auftritt, ja unter besonderen Bedingungen, wie z. B. beim Einlegen in eine 3-proz. Kochsalzlösung, etwas ganz Gewöhnliches ist, ja unter 100 Fällen 89mal vorkommen kann.

In Wien findet man leuchtendes Fleisch auch, aber nicht so häufig wie in Prag. Es ist möglich, daß daran die Verschiedenheit des Wassers in beiden Städten, mit dem das Fleisch gewaschen wird, schuld ist.

In Prag ist das Wasser (Moldauwasser) sehr weich, in Wien hingegen ziemlich hart.

Das zum Küchengebrauche abgelieferte ungesalzene Rindfleisch, welches zuvor bis 14 Tage im Eiskeller liegen bleibt, beginnt, in Luft liegend, nach 1—5 Tagen, durchschnittlich nach 2,7 Tagen zu leuchten. Die Dauer des Leuchtens erstreckt sich hierbei auf 1—5, durchschnittlich auf 1,8 Tage.

Gesalzenes Rindfleisch verhält sich (in Luft) bezüglich des Eintrittes der Lichtentwickelung wie ungesalzenes, doch dauert dessen Leuchten gewöhnlich länger, nämlich durchschnittlich 2,8 Tage. Das der Salzwassermethode unterworfene Rindfleisch beginnt nach 1—4 Tagen, durchschnittlich nach 2,2 Tagen zu leuchten und leuchtet 1—6 Tage, durchschnittlich 3,7 Tage.

Daß die Lichtentwickelung bei gesalzenem Fleisch und bei in Salzwasser liegendem Fleisch häufiger eintritt und länger dauert, dürfte auf folgende Umstände zurückzuführen sein:

1. ist die lichterregende Bakterie halophil und bevorzugt für ihre normale und üppige Entwickelung Kochsalz. Zwar kommt im Fleische Kochsalz vor, und deshalb kann das Leuchten ohne Hinzufügen von Chlornatrium gleichfalls auftreten, allein die Bakterie leuchtet und wächst besser, wenn sie mehr Kochsalz vorfindet, als das Fleisch von Natur aus enthält,

2. werden vielleicht andere auf dem Fleische vorkommende Bakterien durch Kochsalz anfangs in ihrer Entwickelung gehemmt, weshalb die Leuchtbakterie im Kampfe ums Dasein einige Zeit die Oberhand behält.

Beim Beginn des Leuchtens weist das Fleisch zumeist noch keinen oder nur einen ganz schwachen übeln Geruch auf. Das Auftreten des Lichtes stellt nur die erste Stufe der Fäulnis dar. Greift die stinkende Fäulnis weiter um sich, so erlischt allmählich das Leuchten, da die photogenen Bakterien nunmehr von anderen nicht leuchtenden Spaltpilzen und Schimmelpilzen überwuchert werden. Doch habe ich manchmal noch Fleisch leuchten sehen, das schon in starker Fäulnis begriffen und auch von Mucor bedeckt war.

Das weißlich erscheinende Licht verteilt sich selten ganz gleichmäßig auf die ganze oder einen größeren Teil der Fleischoberfläche, sondern tritt gewöhnlich inselartig auf, so daß das Fleisch wie mit glänzenden Sternen übersät erscheint. Die aus dem Salzwasser hervorschauenden Fleischteile leuchten wegen des leichteren Sauerstoffzutrittes viel besser als die untergetauchten, ja in sehr vielen Fällen leuchten diese überhaupt nicht. Das Salzwasser, in welchem leuchtendes Fleisch

liegt, leuchtet zumeist nicht, hingegen wird Salzfleischwasser für sich allein häufig leuchtend. Es erscheint dann milchweiß und leuchtet beim Umschütteln viel intensiver.

Bei Beginn des Leuchtens bemerkt das unbewaffnete Auge oft gar nichts Auffallendes auf dem Fleische, obwohl sich mit dem Mikroskop schon verschiedene Bakterien nachweisen lassen; später tritt ein weißlich leuchtender Beleg auf, der sich leicht abwischen läßt und, vom Fleische getrennt, einige Zeit weiter leuchtet.

Nachdem es nun gelungen war, sich fast mit der Sicherheit eines physikalischen Experimentes leuchtendes Fleisch zu verschaffen, ging ich daran, den Lichterreger zu isolieren und die Biologie dieses so wichtigen und, wie sich herausgestellt hat, in unserer Nähe so häufigen Organismus genauer zu verfolgen. Zu wiederholten Malen, in verschiedenen Monaten und in verschiedenen Jahren wurde nach den in der Bakteriologie üblichen Methoden zumeist nach dem Plattenverfahren auf Salzpeptongelatine und Salzpeptonagar vom Fleische als Lichterreger immer ein und dieselbe Bakterie herausgezüchtet. Tadellos hergestellte Reinkulturen führten sowohl bei Rind- als auch bei Pferdefleisch und, wie ich hinzufügen kann, auch bei Schwein-, Kalb- und Gänsefleisch immer auf denselben Spaltpilz als Urheber des Lichtes. Es ist dies jene Bakterie, welche F. Cohn seinerzeit als Micrococcus phosphoreus bezeichnet hat, den ich aber von nun an Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch nennen werde[1]). Dieser Organismus (s. Fig. 13) war

Fig. 13. *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch. Die Leuchtbakterie toter Schlachttiere. Präparat von ClNa-Gelatine. Vergr. 950.

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 14—17. Die Zellen unseres Spaltpilzes machen, zumal von Agar- und Kartoffelkulturen, zunächst den Eindruck von Kokken, allein jetzt, da ich die Bakterie schon durch viele Jahre fortwährend vor Augen habe, muß ich hervorheben, daß neben den völlig kugelrunden Gestalten auch sehr viele ovale, plumpe, beiderseits abgerundete Formen und endlich mehr minder lange Stäbchen vorkommen (s. Fig. 13). Namentlich in älteren Kulturen tritt die Stäbchenform oft in den Vordergrund, und da sich hiezu auch Involutionsformen von verschiedener Gestalt gesellen, erhält man ein für den Bakteriensystematiker recht verwirrendes Bild. Da nun als Regel gilt, daß eine Bakterie nur dann zu den Kugelbakterien gezählt werden soll, wenn sie stets Kugelgestalt oder direkt nach der Teilung Halbkugelform aufweist, so darf unsere Bakterie nicht zu den Coccaceen, sondern muß zu den Bacteriaceen gestellt werden. Ich behielt anfangs den Namen Micrococcus phosphoreus Cohn bei, allein ich sehe jetzt nach genauerem Studium ein, daß dieser von Cohn seinerzeit nur ganz flüchtig beschriebene Organismus kein echter Coccus ist, er muß daher, da ich ihn auch sonst mit keinem anderen

bisher recht mangelhaft beschrieben, ich habe ihn daher seinerzeit genauer geschildert und auf seine biologischen Eigenschaften studiert. Indem ich den Leser auf die von mir gegebene ausführliche Schilderung verweise, will ich daraus hier nur einiges hervorheben.

Das aus relativ großen kugeligen oder stäbchenförmigen Zellen bestehende Bakterium entbehrt der Eigenbewegung, ist aërob, leuchtet nur bei Gegenwart von Sauerstoff und liebt im allgemeinen niedrigere Temperaturen. Das Wachstumsminimum liegt noch etwas unter Null, das Optimum bei 16—18° C, das Maximum bei etwa 28° C. Von großem Interesse ist, daß die Einwirkung einer Temperatur von 30° C den Pilz bereits tötet, ein Beweis, wie tief die obere Temperaturgrenze des Lebens bei manchen Lebewesen gesteckt ist. Eine angenehme Eigenschaft dieses Spaltpilzes liegt darin, daß er im Gegensatz zu vielen anderen photogenen Bakterien Gelatine nicht verflüssigt und hierdurch für gewisse Experimente besonders tauglich wird. Hierzu kommt, daß er wunderbar leuchtet, besonders auf Gelatine, Agar, Salzkartoffelscheiben, Bouillon und Milch, weniger gut im Kartoffelwasser und Harn. Nach meinen bisherigen Erfahrungen gibt es nur eine Bakterie, die noch intensiver leuchtet als das Bacterium phosphoreum, es ist dies die von mir auf Seefischen entdeckte Pseudomonas lucifera Molisch [1]).

Da später noch oft von der Fleischbakterie Bacterium phosphoreum die Rede sein wird — sie fand in meinen Versuchen über das Bakterienlicht vielfache Verwendung — und da ich sehr häufig um diese Leuchtbakterie angegangen werde, so sei hier noch das Rezept für die gewöhnlich von mir verwendete Salzpeptongelatine mitgeteilt:

Auf $^1/_8$ kg Pferde- oder Rindfleisch werden 1000 ccm destilliertes Wasser geschichtet und einen Tag bei Kellertemperatur (etwa 10°) stehen gelassen.

Der abgepreßte Fleischsaft wird mit 3-proz. ClNa versehen, aufgekocht und das ausgefällte Fleischeiweiß abfiltriert. Zu dem Filtrate setzt man nun 10 g Pepton und 100 g Gelatine und neutralisiert die saure Lösung mit Normalnatronlauge. Ist endlich mit kleinem Laugenüberschuß schwach alkalische Reaktion erzielt (stark alkalische ist wegen der Löslichkeit des zur Klärung verwendeten Eiweiß abzuraten),

---

identifizieren kann, einen neuen Namen erhalten. Wegen seiner Formen und seiner Unbeweglichkeit stelle ich ihn zur Gattung Bacterium und werde ihn von nun an stets Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch nennen.

1) Vgl. darüber meine Abhandlung: Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Sitzber. d. Kais. Wiener Akad. Mathem.-naturw. Klasse. 1904.

so wird mit Eiweiß geklärt. Von Vorteil ist ein Zusatz von 0,5 Proz. Glyzerin.

Das neuerliche Filtrat ist die verwendete ClNa-Pepton-Gelatine.

Bei Agarkulturen wird die Gelatine durch 10 g Agar (pro Liter) vertreten. Da, wo man sich frische Seefische leicht verschaffen kann — in Prag ist dies nicht immer der Fall — kann man anstatt Fleisch Fische zur Herstellung der Nährböden verwenden, wie dies für marine Bakterien von Beijerinck empfohlen wurde.

Durch die vorhergehenden Untersuchungen wurde gezeigt, daß das Bacterium phosphoreum ein viel häufigerer Pilz ist, als man bisher angenommen hat. Während man bisher bezüglich seines Auffindens ganz auf den Zufall angewiesen war, da das Leuchten von Fleisch nur sehr selten und dann nur kurze Zeit beobachtet werden konnte; während man bisher das Auftreten von leuchtendem Fleisch als etwas ganz Besonderes, als eine Aufsehen erregende Erscheinung hingestellt hat, über deren Bedingungen man nicht genügend orientiert war, vermögen wir uns nunmehr auf Grund der gewonnenen Erfahrungen leuchtendes Fleisch jederzeit mit Leichtigkeit zu verschaffen. Es genügt zu diesem Zwecke, mehrere Proben des vom Metzger für den gewöhnlichen Hausgebrauch gelieferten Fleisches (Rind-, Kalb- oder Schweinefleisch) in eine 3-proz. Kochsalzlösung zu tauchen und dann bei gewöhnlicher, nicht zu hoher Zimmertemperatur, im Winter am besten bei 9—12° C, in einer Glasschale so unterzubringen, daß seine untere Hälfte in einer 3-proz. Kochsalzlösung liegt, die obere Hälfte aber in feuchte Luft ragt. Man erzeugt sie durch Bedeckung mit einer Glasglocke. Unter diesen Verhältnissen wurden in Prag etwa 89 Proz. der geprüften Rindfleischproben und etwa 65 Proz. der untersuchten Pferdefleischproben leuchtend.

Das Bacterium phosphoreum muß zu den verbreitetsten Bakterien gehören. Es findet sich auf dem Fleisch der Eiskeller, der Schlachthäuser, der Markthallen, es findet sich auch in Küchen, wo Fleisch von Schlachttieren und Geflügel regelmäßig Eingang findet, und so wird es verständlich, warum die große Mehrzahl ganz kleiner Fleischstückproben den Spaltpilz auf ihrer Oberfläche hat und zu leuchten vermag.

Da das Bacterium phosphoreum schon bei 30° C abstirbt, so bleibt es vorläufig fraglich, ob das Gesagte auch für tropische Gegenden gilt.

Pathogene Eigenschaften für den Menschen habe ich an unserem Spaltpilze nicht bemerkt. Mehrere Kubikzentimeter leuchtender Bouillon konnten von mir ohne Schaden verzehrt werden, und dies darf nicht auffallen, wenn man bedenkt, daß die Bakterie schon bei 30° C abstirbt, während unsere Körpertemperatur bekanntlich 37 beträgt. Es ist mir auch kein Fall bekannt geworden, daß der Genuß von Fleisch, das vor der Zubereitung leuchtete, irgendwelchen Schaden angerichtet hätte.

Die von verschiedener Seite geäußerte Ansicht, daß die Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches für gewöhnlich gar nicht auf diesem vorkomme, sondern hier nur zufällig auftrete, wenn das Fleisch mit Seefischen in Berührung gekommen sei, halte ich für unberechtigt. Sie hatte nur so lange eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich, solange man das Leuchten des Fleisches selten beobachtet hat. Jetzt aber, da man weiß, daß das Bakterium sozusagen überall gefunden wird, wo sich Schlachtviehfleisch vorfindet, und zwar nachweislich an Orten, wo niemals Seefische oder andere marine Tiere Eingang gefunden haben, wird der vorhin erwähnten Ansicht dadurch der Boden völlig entzogen.

Damit soll keineswegs die Möglichkeit bestritten werden, daß das Bacterium phosphoreum ursprünglich aus dem Meere stammt, gegenwärtig muß es jedoch als eine auf dem Festland eingebürgerte Pflanze bezeichnet werden. Ich habe in den letzten Jahren zu wiederholten Malen von verschiedenen Seetieren aus dem Hafen von Triest Leuchtbakterien rein gezüchtet, ohne aber auch nur ein einziges Mal dem Bacterium phosphoreum begegnet zu sein. Immer handelte es sich um Leuchtbakterien von ganz anderen morphologischen und biologischen Eigenschaften, worüber man auf p. 80 und 101—102 das Nähere findet.

Selbstverständlich liegt es mir vollständig fern, hiermit bezweifeln zu wollen, daß die Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches namentlich im Haushalte durch Berührung oder Uebertragung auch auf Seefische und umgekehrt die verschiedenen Leuchtbakterien der Seefische wieder auf demselben Wege auf Fleisch gelangen und hier Leuchten hervorrufen können.

Da die Schlachtfleischbakterie eine so weit verbreitete Bakterie ist, sich durch eine brillante Leuchtkraft auszeichnet und in physiologischen Laboratorien von nun an sicher mit Vorliebe kultiviert werden wird, so sei hier eine knappe übersichtliche Beschreibung von ihr gegeben.

Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch
Synon. Micrococcus phosphoreus Cohn.

Gestalt und Größe variieren bedeutend nach der Zusammensetzung des Substrates und dem Alter der Kultur. Die Zellen sind

bald kugelig, fast kokkenartig, bald oval, bald stäbchenartig mit abgerundeten Enden. Die kugeligen messen durchschnittlich 1—2 μ, die Stäbchen 2—7 μ und darüber. Eigenbewegung fehlt. Färbbarkeit: Färbt sich leicht mit Anilinfarbstoffen, jedoch nicht nach Gram. Sauerstoffbedürfnis: Aërob; leuchtet nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff. Temperaturbedürfnis: Das Minimum liegt noch etwas unter Null, das Optimum bei etwa 16—18° C und das Maximum bei etwa 28°. Ist demnach auf relativ niedere Temperaturen gestimmt. Einwirkung einer Temperatur von 30° C durch 48 Stunden auf Gelatinekulturen tötet die Bakterie. Lichtentwickelung: Sie gehört zu den am intensivsten leuchtenden Bakterien. Sie leuchtet im bläulichgrünen Lichte; besonders junge, frisch vom Fleisch abgezüchtete Kulturen leuchten so intensiv, daß man das Licht schon am Tage im Schatten eines Zimmers wahrnimmt. Ich beobachtete Leuchten zwischen — 5° C und 28° C. Bei niederer Temperatur (5—20° C) ist die Lichtentwickelung am stärksten, besonders auf Gelatine, Agar, Kartoffelscheiben und in Milch, weniger gut in Bouillon, Kartoffelwasser und Harn. Kochsalz oder entsprechende Mengen anderer Salze, wie Kalisalpeter, Chlorkalium (siehe p. 104—109), und schwach alkalische Reaktion sind für das Zustandekommen ausgiebiger Vermehrung und für das Leuchten notwendig, doch leuchtet die Bakterie auch in nichtalkalischer Milch und auf ungesalzenen Kartoffelscheiben, wahrscheinlich weil diese selbst reichlich Chloride enthalten. Gelatineplatte: Zehntägige Kultur bei 16° C. a) Natürliche Größe. Die aufliegenden Kolonien sind gelblichweiß, feuchtglänzend, rund, am Rande unregelmäßig schwach gewellt, etwa 3 mm im Durchmesser. Die tiefliegenden Kolonien sind viel kleiner, mehr gelblich, kugelig oder bikonvex. b) Bei 50-facher Vergrößerung. Aufliegende Kolonien im durchfallenden Lichte bräunlich, oft mit farblosem Rande und radiärstrahliger Struktur. Die tiefliegenden Kolonien sind im durchfallenden Lichte braun, am Rande von radiärstrahliger Struktur. Rand ganz. Gelatinestich: Nach einem Monat bei 12° C im Stichkanal sehr spärliches Wachstum, derselbe schwach gekörnt, weißlich. Auflage scheibenartig, ganzrandig oder mit schwach welligem Rande, zunächst feuchtglänzend, nach einem Monat matt. Gelatinestrich: Nach einem Monat bei 12° C. Die Kultur bleibt auf die nächste Umgebung des Striches beschränkt, ist gelblichweiß, feuchtglänzend, der Rand wellig gebuchtet. Bouillonkultur: Deutlich getrübt, Bodensatz mäßig, weißlich, Kohärenz gering, beim Schütteln sich wolkig verteilend; keine Hautbildung oder Ansatz zu einem schwachen Häutchen, das beim Schütteln in zu Boden sinkende Flöckchen zerfällt. Milchkultur: Das Leuchten dauert lange Zeit

(monatelang). Die Milch erscheint im Finstern weiß, bei starker Entwickelung der Bakterie bläulichgrün. Chemische Leistungen: Verflüssigt Gelatine nicht. Diese und besonders Kartoffelkulturen riechen stark nach Trimethylamin. Die Bakterie entwickelt schon nach 24 Stunden in Salzpeptongelatine mit 1 Proz. Traubenzucker oder Rohrzucker reichlich Gas, aus ersterem rascher als aus letzterem. Das Gas besteht nur zum Teile aus Kohlensäure. Sporenbildung wurde nicht beobachtet. Lebensdauer: Die auf dem Deckglas eingetrockneten und im Finstern lufttrocken aufbewahrten Bakterien waren nach 8 Tagen und längerer Zeit noch zur Entwickelung zu bringen, aber nicht mehr nach 2 Monaten.

B. Ueber das Leuchten von Würsten.

Ueber diesen Gegenstand finden sich in der Literatur nur wenige brauchbare Nachrichten. Das Beste darüber verdanken wir Heller[1]). Er erhielt im Winter 1852 in Wien von dem Sanitätsmagister Dr. Stuhlberger mehrere Würste, welche die Polizeibehörde deshalb in einem Verkaufsgewölbe konfiszieren ließ, weil die Würste durch ein sehr starkes Leuchten auf ihrer ganzen Oberfläche verdächtig erschienen. Heller gibt davon folgende Beschreibung: „Die Würste waren rohe, sogenannte „Augsburger", 4 Zoll lang und $1^1/_2$ Zoll dick. Sie verbreiteten nicht im geringsten einen unangenehmen oder gar fauligen Geruch und hatten einen guten frischen Geschmack. Die Füllung bestand meist aus rohem Rindfleisch und wenig rohem Schweinefleisch.

Die Würste waren weich, an der Oberfläche naß und schleimig und trockneten nicht an der Luft. Sie hatten übrigens am Tageslicht keine besondere Eigenschaft. Schon im Halbdunkel leuchteten sie, aber in einem finsteren Raume war auf ihrer ganzen Oberfläche ein sehr starkes, weißlich-grünliches, ruhiges, nicht dampfendes Licht verbreitet, daß man schon bei einer Wurst gewöhnliche Druckschrift recht gut lesen konnte. Der schmierig anzufühlende Belag konnte leicht mit einem stumpfen Messer abgeschabt werden und somit auch die leuchtende Masse, worauf die Wurstoberfläche völlig nicht leuchtend zurückblieb."

Der genannte Autor untersuchte den auf den Würsten befindlichen Belag mikroskopisch und fand, daß darin neben spärlich vertretenen anderen Organismen sich weiße Flecken vorfanden, die sich ganz und gar aus einem Pilz zusammensetzten vom Aussehen einer Sarcina. Dieser Pilz war es allein, der das Leuchten hervorrief. Es war also auch hier

---

1) Heller, F., l. c. p. 241, Anhang über leuchtende Würste.

die Lichtentwickelung von Heller lange vor Pflüger als ein biochemischer Prozeß erkannt worden.

Aus Hellers Experimenten mit leuchtenden Würsten will ich noch folgendes anführen:

„1. Die abgeschabten nicht leuchtenden Stellen wurden am zweiten Tage wieder leuchtend, und es erzeugte sich wieder Pilz, doch nicht mehr nach dem zweiten Abschaben.

2. Das Leuchten fand auch unter Wasser ungeschwächt statt.

3. Wird die abgeschabte leuchtende Masse im Wasser suspendiert und in einer Eprouvette geschüttelt, so leuchtet das ganze Fluidum viel und zwar stärker als früher, somit verstärkt Bewegung das Leuchten gerade so, wie ich es bei den Seetieren fand.

4. Wird der Inhalt in derselben Eprouvette nur lauwarm gemacht, so verschwindet das Leuchten augenblicklich gänzlich.

5. Kälte dagegen stört das Leuchten nicht. Es wurde in eine Eprouvette mit Wasser die leuchtende Masse gebracht und die Eprouvette in eine Kältemischung von — 14° gestellt, das Wasser in der Eprouvette fror sogleich und schloß die leuchtende Masse ein, doch die leuchtende Masse leuchtete fortwährend“ [1]).

Ludwig [2]) bemerkt, daß er auch an Wursthäuten Leuchten beobachtet hat. Kohlmann [3]) berichtet über ein Stück Rotwurst, das ihm zur Untersuchung übergeben wurde. Die Beobachtung ergab, daß sich sowohl auf der Oberfläche als auch auf dem Anschnitte leuchtende Punkte zeigten. Die Wurst war vollständig frisch und zeigte keine Spur von Fäulnis. Weitere brauchbare Angaben habe ich in der Literatur nicht vorgefunden.

Meine im Laufe der Zeit über leuchtendes Fleisch gesammelten Erfahrungen regten mich an, auch das Leuchten der Würste genauer zu verfolgen. Es wurden durch drei Monate (Dezember bis Februar) hindurch im ganzen 55 Proben verschiedener Wurstarten (Extrawurst, Würstel, Preßwürste) von verschiedenen Wurstläden der Stadt angekauft und auf Schalen entweder in toto oder in dünnen Scheiben zerschnitten hingelegt, mit Glasglocken behufs Schaffung eines feuchten Raumes bedeckt und in einem kühlen ungeheizten Zimmer beobachtet. Die Wurst wurde in der einen Hälfte der Versuche ohne jeden Zusatz belassen, in der anderen aber mit einer 3-proz. Kochsalzlösung benetzt,

---

1) Heller, F., l. c. p. 243.

2) Ludwig, F., Lehrbuch der Kryptogamenkunde. l. c. p. 70.

3) Referiert in Hilgers Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußm. April 1903. p. 331.

da sich das Salz bei den analogen Versuchen mit Fleisch so ausgezeichnet bewährt hatte. Nacht für Nacht wurden die Objekte beobachtet und zwar jedes so lange, bis es stärker zu faulen anfing und ein Leuchten dann nicht mehr zu erwarten war. Die Beobachtung währte durchschnittlich 8—10 Tage.

Aus den Versuchen ergab sich, daß das Leuchten der Würste viel seltener auftritt als das Leuchten des Schlachtviehfleisches, denn unter den 50 gekauften Proben zeigte sich eine Lichtentwickelung nur bei der Extrawurst und hier im ganzen nur viermal. Drei von den leuchtenden Wurstproben waren mit Salzwasser befeuchtet worden, so daß man auch hier sagen kann, daß das Kochsalz das Aufkommen der photogenen Bakterien fördert.

Das Licht war ganz ähnlich dem vom leuchtenden Fleisch und zwar ruhig, sternartig, seltener in größeren weißlichen Flecken über die Oberfläche der Wurst verteilt, von weißlicher oder grünlichweißer Färbung.

Als ich von den leuchtenden Würsten abimpfte und den Lichterreger isolierte, entpuppte er sich in allen vier Fällen als das uns vom Fleisch her bereits bekannte Bacterium phosphoreum. Auch dieses bedingt in Prag das Leuchten der Würste.

Da die Würste aus Fleisch von Schlachttieren bestehen, welches nachgewiesenermaßen sehr häufig leuchtet, so wäre man vielleicht von vornherein geneigt, auch bei Würsten ein häufigeres Leuchten anzunehmen. Meine Versuche aber zeigen, daß die Erscheinung hier viel seltener ist, was durch folgende Erwägung begreiflich wird. Die untersuchten Würste waren bei ihrer Bereitung entweder gekocht oder geräuchert worden. Wenn auch die genannte Bakterie in dem Fleisch oder auf der Oberfläche der Würste ursprünglich vorhanden war, woran ich nach meinen Erfahrungen über leuchtendes Fleisch nicht zweifeln darf, so wird sie nachher entweder beim Kochen oder bei dem Räucherungsprozeß, der ja auf die Bakterien in hohem Grade entwickelungshemmend oder tötend einwirkt, vernichtet, und dies ist meiner Meinung nach der Grund, warum Würste relativ so selten leuchten. Nur wenn zufällig an einzelnen Stellen im Innern der Wurst sich der Spaltpilz am Leben erhält, oder wenn nachträglich im Wurst- oder Fleischerladen die bereits gekochte Wurst mit der Leuchtbakterie neuerdings infiziert wird, kann diese sich weiterentwickeln und Leuchten hervorrufen.

Für forensische Zwecke sei noch hervorgehoben, daß eine leuchtende Wurst nicht ohne weiteres als ungenießbar zu bezeichnen und zu konfiszieren ist, da das Leuchten der eigentlichen schädlichen Fäulnis stets vorangeht. Dasselbe gilt auch für Schlachtviehfleisch.

C. Ueber das Leuchten menschlicher Leichenteile.

Mitteilungen über diesen Gegenstand finden sich in der älteren Literatur, doch äußerst spärlich, in neuer Zeit bin ich auf keine einschlägigen Angaben gestoßen. Ruysch, Fourcroy, Chaussier und Wrisberg wollen bei Leichenöffnungen manchmal ein phosphorisches Licht bemerkt haben. Es wird angegeben, daß besonders die Muskeln und Verdauungswerkzeuge einiger zu Tode gehungerter Personen nach der Sektion Licht entwickelten [1]).

Ehrenberg [2]) erwähnt, daß nach den Angaben von Pelatan und Mascagni menschliche Leichname nicht selten leuchten sollen. Mascagni erzählt sogar, daß er bei dem Lichte von Leichen einzelne seiner Lymphgefäßpräparate gemacht habe, eine Angabe, die, wie Ehrenberg schon richtig herausfühlte, auf Uebertreibung beruhen dürfte.

Patruban teilte Heller [3]) mit, daß er ein menschliches Gehirn ziemlich stark leuchten sah. Heller selbst legte einen Teil eines menschlichen Gehirns, welches spontan nicht leuchtete, in Meerwasser, und einen anderen Teil in Seinewasser. Nach 12-stündigem Liegen des Gehirns im Meerwasser leuchtete es, offenbar mit marinen Bakterien infiziert, ziemlich stark wie tote Seefische. Etwas märchenhaft klingt Dupugets (Gilberts Annalen, Bd. XIV, p. 501) Angabe, daß er in den Katakomben in Rom den Staub, der einen verwesten menschlichen Leichnam $^1/_2$ Linie hoch bedeckte, oft so stark phosphoreszieren sah, daß er einen Teil des Grabes beleuchtete. Der Staub soll mehrere Monate geleuchtet haben.

Ich will, obwohl dies streng genommen nicht hierher gehört, hinzufügen, daß nach einigen Angaben auch menschliche Wunden leuchten sollen [4]), und dies könnte, die Richtigkeit der Angaben vorausgesetzt, auf einer Infektion mit Leuchtbakterien, vielleicht mit Bacterium phosphoreum beruhen. So bemerkte 1819 der berühmte französische Wundarzt Percy, daß er die Wunden am Fuß eines Offiziers mehrere Tage lang habe leuchten gesehen. Ein Jahr später hat Percy mit Laurent das Leuchten menschlicher Wunden bei mehreren Soldaten wahrgenommen.

---

1) Heinrich, Pl., l. c. p. 383.
2) Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. l. c. p. 518.
3) Heller, J. F., l. c. p. 165.
4) Ehrenberg, Das Leuchten des Meeres. l. c. p. 518.

Fournier Pescay hat es zweimal beobachtet. — Jetzt, da wir wissen, daß das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere eine Erscheinung ist, die zweifellos häufig vorkommt und, wie wir gezeigt haben, leicht hervorgerufen werden kann, weil der Erreger des Lichtes, das Bacterium phosphoreum, in Eiskellern, Schlachthäusern und Markthallen, wo Fleisch gewöhnlich Aus- und Eingang findet, ein gewöhnlicher Gast ist, war es naheliegend, zu fragen, ob nicht dasselbe, was vom Schlachtviehfleisch gilt, auch für die menschliche Leiche zutrifft. Von vornherein war nicht einzusehen, warum das Bacterium phosphoreum vor dem Menschen haltmachen sollte.

Ich habe aus diesem Grunde den ganzen Winter 1902/03 Untersuchungen an menschlichen Leichenteilen gemacht und zwar in folgender Weise. Ein handgroßes Stück des Muskels vom Arme oder dem Fuße — gewöhnlich war es der von einem Stück Haut noch bedeckte Musculus biceps brachii — wurde bei der Sektion der Leiche entnommen, in eine sterilisierte Doppelglasschale hineingelegt, mit 3-proz. Kochsalzlösung, wie dies bei der „Salzwassermethode" früher angegeben wurde, benetzt und dann während der nächsten 14 Tage in einem Zimmer bei relativ niederer Temperatur (8—12° C) nachts beobachtet. Bei Kontrollversuchen wurde die Kochsalzlösung weggelassen. Das Material zur Untersuchung entstammte dem pathologischen Institut der k. k. deutschen Prager Universität. Die Muskelstücke wurden mir in zuvorkommendster Weise von dem Leiter dieses Institutes, Herrn Hofrat Prof. Dr. H. Chiari, zur Untersuchung zur Verfügung gestellt, weshalb ich mich gedrängt fühle, demselben hierfür meinen besten Dank zu sagen. Im ganzen wurden Proben von 30 verschiedenen männlichen und weiblichen Leichen entnommen. Das Resultat war in allen Fällen, eigentlich gegen meine Erwartung, ein negatives. In keinem einzigen Falle, weder bei Anwendung von Kochsalz noch ohne dieses, trat spontanes Leuchten ein.

Wurde aber der bloßgelegte Armmuskel mit Bacterium phosphoreum, den ich vom Rindfleisch zuvor rein abgezüchtet hatte, geimpft, so trat in den meisten Fällen ein so herrliches Leuchten ein, daß man das blaugrüne Licht im Schatten einer Zimmerecke bei hellem Tage wahrnehmen konnte. In der Nacht waren infolge des Lichtes nicht bloß die Umrisse des Fleischstückes, sondern auch die der Glasschale deutlich zu sehen.

Die Tatsache, daß die Leichenteile unter den von mir beobachteten Verhältnissen spontan nicht leuchten, obwohl die Bedingungen für das Fortkommen des Bacterium phosphoreum und anderer Leuchtbakterien auf den Fleischteilen des Menschen gegeben sind, lehrt, daß

die genannte, auf dem Schlachtviehfleisch fast immer vorhandene Photobakterie gewöhnlich nicht aus der Luft auf das Fleisch gelangt; denn wäre das Bacterium phosphoreum in der Luft oder im atmosphärischen Staube ein ständiger oder häufiger Gast, so müßte auch die der Luft ausgesetzte menschliche Leiche häufig spontan leuchten. Wir müssen daher schließen, daß die erwähnte Leuchtbakterie sich, wie ich dies auch schon früher [1]) betonte, speziell in den Schlachthäusern, Eiskellern, Markthallen und Fleischhauereien, kurz da, wo Fleischwaren ständig vorkommen und aufgestapelt werden, eingenistet hat, und daß das neu hinzukommende Fleisch von dem alten immer vom neuen angesteckt wird. Im Prager deutschen pathologischen Institut herrscht peinliche Sauberkeit, eine Infektion der Menschenleiche mit dem Bacterium phosphoreum vom Fleische anderer toter Wesen ist nicht gut möglich, daher leuchten die menschlichen Leichen hier spontan nicht. Unter anderen Verhältnissen könnte aber auch an diesen spontanes Leuchten auftreten, und auf derartige Verhältnisse scheinen sich die Angaben der älteren Literatur zu beziehen.

D. Ueber das Leuchten toter Fische und anderer Seetiere.

1. Marine Fische.

Das Leuchten von toten Seefischen ist eine namentlich den Fischern an der See seit langer Zeit bekannte Tatsache. Schon bei Pl. Heinrich findet sich der Satz: „Alle Seefische leuchten nach dem Tode“ [2]). Er zählt diejenigen Fische auf, die als leuchtend bis auf seine Zeit angegeben worden sind, und berichtet dann über Erfahrungen, die er an Fischen, die von der holländischen Seeküste während des Winters auf den Regensburger Markt gebracht wurden, gemacht hat. So sagt er vom Kabeljau, Gadus Morhua: „Er war drei Fuß lang, ziemlich fett und wie alle verschickten Fische bereits in Holland ausgenommen. Sobald er hier eintraf, wurde er abgeschuppt, einen Tag lang in frisches Wasser gelegt und dann in einem Speisgewölbe von ungefähr 12° R Temperatur aufgehangen. Abends darauf leuchtete der Fisch schon merklich in den Höhlungen der Augen und des Kopfes und an mehreren Stellen des Rückens. Das Licht zeigte sich nur auf der Oberfläche und bildete hier und dort helle Punkte und Streifen. Am zweiten Abend war das Phänomen viel schöner und ausgebreiteter, am dritten erreichte es vermutlich das Maximum: das Licht war hellglänzend, und es übertraf den Kunkelschen Phosphor. Man konnte den Leuchtstoff mit der Hand

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten des Fleisches etc. l. c.
2) Heinrich, Pl., l. c. III. 1815. p. 364.

wegwischen, mit dem Messer abstreifen, und alles damit leuchtend machen. Jetzt wurde er im Finstern gewaschen, und für den folgenden Tag als Gericht bestimmt, wobei das Wasser eine leuchtende See[1]) im kleinen bildete und, als es abgelassen wurde, einen Lichtstrom darstellte."

Eine der besten, auf gründlichen Versuchen basierenden Untersuchungen über das Leuchten toter Fische, die in ihrer Durchführung auf Schritt und Tritt den exakten Naturforscher verrät, verdanken wir dem in dieser Schrift schon oft genannten Wiener Gelehrten Heller[2]). Nachdem er die weite Verbreitung der Erscheinung bei Seefischen und ihre Seltenheit bei Süßwasserfischen betont hatte, bespricht er die Ergebnisse seiner eigenen Versuche, von denen ich nur folgende hervorheben möchte.

1. Das Leuchten toter Fische und anderer Tiere steht durchaus nicht zu dem Grade der Verwesung und Fäulnis im gleichen Verhältnis, sondern vorgeschrittene Verwesung und Fäulnis heben das Leuchten wieder gänzlich auf.

2. Nur die Oberfläche der Tiere leuchtet, frische Schnittflächen aber nicht.

3. Das Leuchten tritt gewöhnlich erst einige Zeit nach dem Tode, frühestens 24 Stunden nach dem Absterben ein. Gewöhnlich an den Augenhöhlen zuerst, dann um die Kiemendeckel herum als leuchtender Saum und später in Form von kleinen Punkten oder Flecken, die immer zahlreicher und größer werden, bis endlich der Fisch an seiner ganzen Oberfläche leuchtet. Die Erscheinung erreicht ihre größte Intensität

1) Aehnliches wurde auch in der Natur beobachtet. Es gibt eine Art des Meeresleuchtens, wo man nicht vereinzelte getrennte Lichtpunkte sieht, sondern wo das Wasser auf weite Strecken hin gleichmäßig leuchtend erscheint. Die Engländer nennen diese Art des Meeresleuchtens milky sea. Sie ist nicht häufig zu beobachten mir wenigstens ist sie während einer Reise um die Erde niemals begegnet, obwohl ich namentlich in den Tropen und Subtropen sehr darauf geachtet habe. Fischer (Bakteriolog. Untersuchungen auf einer Reise nach Westindien, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. II, 1887, p. 88) war darin glücklicher und beschreibt die Erscheinung, die er im Februar 1881 östlich von der Insel Sokotra zu sehen Gelegenheit hatte, wie folgt: „Nachdem sich an den beiden voraufgegangenen Tagen die Meeresoberfläche mit Quallen derart bedeckt gezeigt hatte, daß das Schiff seinen Weg durch ein Meer von Quallen nahm, trat mit Eintritt der Dunkelheit, wenige Minuten nach Sonnenuntergang die Erscheinung plötzlich ein . . . . . Nicht nur in der nächsten Umgebung des Schiffes, sondern soweit das Auge reichte, bildete die Wasserfläche eine einzige, gleichmäßig leuchtende Masse, welche ein mildes, bläulichweißes Licht ausstrahlte." Durch ein gewöhnliches Filter lief das Wasser leuchtend durch und leuchtende Punkte waren nicht zu bemerken. Eine Untersuchung auf leuchtende Spaltpilze hat Fischer leider nicht ausgeführt, doch ist es nicht unwahrscheinlich, daß das Meeresleuchten in diesem Falle durch Photobakterien hervorgerufen war.

2) Heller, J. F., l. c. p. 124.

am 3.—5. Tage und verschwindet, sowie die stinkende Fäulnis beginnt und die Oberfläche des Fisches stark alkalisch reagiert.

4. Bei gelinder Wärme erlischt das Licht allmählich, aber sofort bei einer noch weit unter der Siedehitze des Wassers stehenden Temperatur. Niedrige Temperatur beeinträchtigt das Phänomen bei weitem nicht so. Als Heller einen leuchtenden Fisch im Wasser einfrieren ließ, leuchtete er noch einen ganzen Tag im Eise eingeschlossen weiter fort.

Was aber die Hellerschen Untersuchungen, auf welche ich noch des öfteren werde zurückkommen müssen, im besonderen Grade auszeichnet, liegt in dem Umstande, daß er zum ersten Male auch das Leuchten toter Fische auf einen Pilz zurückgeführt hat, den er Sarcina noctiluca nennt. Wenn es sich auch nach unseren heutigen systematischen Anschauungen um keine Sarcina handelt, und das Leuchten von toten Fischen, wie wir heute bestimmt wissen, nicht immer von denselben Bakterien hervorgerufen wird, so dürfen wir mit Rücksicht auf den Stand der bakteriologischen Erfahrungen in den fünfziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts und mit Rücksicht auf die geringe Leistungsfähigkeit der damaligen Mikroskope darüber nicht zu streng urteilen. Dem Genannten gebührt sicherlich das große Verdienst, erkannt zu haben, daß es sich hier nicht, wie man bisher allgemein annahm, um einen rein chemischen, auf der Bildung von Phosphor oder einer Phosphorverbindung beruhenden Prozeß handelt, sondern um einen vitalen Akt, um eine lebende Pflanze, um einen Pilz, welcher leuchtet.

Zu derselben Ansicht gelangte Pflüger, und bekanntlich wird ihm übereinstimmend die Priorität hierin zugeschrieben. Diese gebührt aber Heller, wie ich durch Ausgrabung der vollständig verschollenen Abhandlung Hellers nachgewiesen zu haben glaube. Nichtsdestoweniger bleiben Pflügers Untersuchungen vom größten Interesse, weil sie sich vielfach in ganz anderen Bahnen bewegen und uns mit neuen Tatsachen bekannt machen. Nachdem Pflüger durch eine gründliche Umschau über die einschlägige Literatur, auf welche ich hier auch ausdrücklich verweise, mehr und mehr zu der Ansicht geführt wurde, daß die auf der Oberfläche toter Fische vorhandene leuchtende Substanz die Eigenschaften einer lebenden Materie aufweise, geht er darauf aus, dies auch wirklich zu beweisen. Er untersucht zunächst die leuchtende, von der Fischoberfläche abwischbare Leuchtmaterie mikroskopisch, findet neben Fetttropfen und Kristallen verschiedene Kleinwesen entweder ruhend oder in Bewegung und überzeugt sich durch Filtration, daß das Leuchten von Spaltpilzen ausgeht[1]). Eine genauere Beschrei-

1) Pflüger, E., l. c. Bd. XI. p. 240.

bung der Leuchtbakterien wurde von Pflüger nicht gegeben, ihm war es hauptsächlich nur darum zu tun, das Leuchten toter Fische und anderer Tiere überhaupt auf die Tätigkeit von Lebewesen zurückzuführen.

Gelegentlich eines mehrwöchigen Aufenthaltes auf Helgoland und in Triest während der Monate August und September machte ich verschiedene Beobachtungen über das Leuchten toter Fische. Auf Helgoland pflegen die Fischer die gefangenen Flunder auf Schnüre zum Trocknen aufzuhängen. Während der Nacht habe ich oft in den kleinen Gärten der Helgoländer das Leuchten solcher hängenden Fische, die gleich Irrlichtern in der Luft schweben und im Winde hin und her baumeln, bewundert.

In Triest legte ich in der zoologischen Station zahlreiche Fische im toten Zustande auf Schalen, um das Leuchten zu beobachten. Die meisten fingen bei einer Temperatur von etwa 20° C schon am 1.—2. Tag nach ihrer Abtötung an Licht zu entwickeln, z. B. Gadus euxinus Nordm., Zeus Faber L., Trachurus trachurus Casteln., Scorpaena porcus L., Sargus annularis L., Chrysophrys aurata L., Solea vulgaris L., Scomber scomber L., Labrax lupus Cuvier, Cepola rubescens L., Hippocampus brevirostris Cuv., Gobius sp., Clupea sardina Risso, Engraulis encrasicholus L., Mullus barbatus L., Trachinus draco L., Pagellus erythrinus Cuv. e. Val., Pleuronectes italicus Günther; besonders schön die drei zuerst genannten, hingegen habe ich kein Licht gesehen bei Mustelus laevis Risso und Acanthias vulgaris. — Das Licht war immer ein ruhiges, niemals ein wallendes, von silberweißer Farbe und oft so stark, daß man nicht bloß einzelne Organe wie Kiemen und Flossen, sondern die Umrisse des ganzen Fisches deutlich erkennen konnte.

Als ich ähnliche Untersuchungen zu meiner Orientierung mit Fischen machte, die am Triester Markte eben gekauft worden waren, war ich überrascht zu sehen, daß viele schon in dem Zustande, wie sie am Markte zum Verkaufe ausgeboten wurden, leuchteten. Um mich zu überzeugen, ob dies nur eine vereinzelte Erscheinung sei, oder ob in Triest auf den Markt gebrachte Fische schon oft hier leuchten, verschaffte ich mir den Eintritt in die Keller, wo die Fischhändler ihre Waren von einem Tag zum anderen aufbewahren. Das Schauspiel, welches sich mir hier darbot, war überraschend und wird mir in dauernder Erinnerung bleiben. In zahlreichen Körben, in welchen viele Hunderte großer und kleiner Fische der verschiedensten Art angehäuft waren, tauchten auf der Oberfläche der Fische gleich den Sternen am nächtlichen Himmel zahllose Lichtpunkte auf, die, sobald das Auge sich an die Finsternis gewöhnt und für kleine Helligkeiten große Empfindlichkeit erhalten hatte, immer deutlicher wurden, zu silberweißen Flecken

zusammenflossen und den Fisch nicht selten an seiner ganzen Oberfläche leuchtend erscheinen ließen. Die vielen Körbe strahlten ein eigentümliches, magisch erscheinendes, der Mondbeleuchtung vergleichbares Licht aus und verliehen der ganzen Umgebung etwas Phantastisches und Geisterhaftes, das nur noch gesteigert wurde, als die um mich herumstehenden Knaben ihre Finger durch Berührung mit den Fischen leuchtend machten und unter staunender Bewunderung mit den leuchtenden Fingerspitzen in der Luft herumfuhren.

Alle diese leuchtenden Fische, die ich hier im Keller gesehen hatte, waren kurz vorher gegen 7 Uhr abends, als der Fischmarkt gesperrt wurde, eben aus der Verkaufshalle in den Keller gebracht worden und wurden den nächsten Morgen wieder auf dem Markt zum Verkaufe ausgeboten. Ich kann daher sagen, daß wenigstens in der warmen Jahreszeit ein großer Teil der Fische im leuchtenden Zustande zum Genusse verkauft wird, ohne daß der Käufer eine Ahnung davon hat. Derartige Fische sind sozusagen noch frisch, haben keinen unangenehmen Geruch und befinden sich noch nicht im Stadium stinkender Fäulnis. Sowie das Leuchten des Fleisches toter Schlachttiere sich gewöhnlich vor dieser einstellt und das Fleisch, vorausgesetzt, daß das Leuchten nicht schon zu lange angedauert hat, dabei noch genußfähig bleibt, genau so verhalten sich auch leuchtende tote Fische. Davon überzeugte ich mich bei meinem nächtlichen Besuch in den Fischkellern von Triest.

Die Ursache des Leuchtens bei toten Seetieren in Triest sind verschiedene Arten von Leuchtbakterien, doch fand ich auffallenderweise niemals das Bacterium phosphoreum darunter, sondern stets andere. Im ganzen konnte ich vier neue Arten nachweisen: Bacillus photogenus, B. luminescens, B. gliscens und die ungemein intensiv leuchtende, auch in der Nord- und Ostsee vorkommende Pseudomonas lucifera[1]).

Es ist von vornherein begreiflich, daß die bei marinen toten Fischen so häufig auftretende Lumineszenz nicht gerade auf diese Tierklasse beschränkt bleibt, sondern sich auch auf andere Seetiere erstrecken kann. Schon bei Heinrich[2]) findet man die Angabe, daß nicht mehr ganz frische Austern zu leuchten vermögen. Von der Richtigkeit dieser Beobachtung habe ich mich überzeugt. Einzelne Austern, die ich in den Delikatessenhandlungen Prags und Wiens kaufte, zeigten 2—3 Tage nach dem Absterben Lichtentwickelung.

---

1) Molisch, H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-naturw. Klasse. 1904.

2) Heinrich, l. c. p. 370.

In der gründlichen Abhandlung Hellers[1]) finden sich, abgesehen von wertvollen Angaben über Fische, auch solche über das Leuchten toter Seetiere. Da diese Arbeit nur wenigen Lesern zur Verfügung stehen dürfte, so will ich Hellers Befunde darüber wörtlich anführen: „Jedes Seetier, welches ich untersuchte, fing nach dem Tode in 24—48 Stunden zu leuchten an; das Leuchten, bald stellenweise, bald auf größeren Flächen auch über den ganzen Körper ausgedehnt, dauerte bis den vierten und fünften Tag und immer hörte es auf, wenn Fäulnisgeruch, starke alkalische Reaktion und Ammoniakbildung auftraten. Schaltiere, alle Arten von Krebsen, besonders Hummer, von Weichtieren, Mollusken etc. zeigten das Phänomen. — Besonders erwähnenswert ist, daß das Leuchten stellenweise auch an den Muscheln und Schnecken an der Außenseite der Schalen ganz so und unter den nämlichen Umständen auftritt, wie bei den Tieren selbst. Ich experimentierte vorzüglich mit Austern. Das Resultat der Versuche mit der leuchtenden Substanz aller anderen Seetiere als Fische war ganz dasselbe wie bei den Fischen. Die Substanz war stets so trennbar, daß die Stelle nicht leuchtend ward. Alle Reaktionen und Versuche für das Unterhalten und Aufheben des Leuchtens waren dieselben wie bei den Fischen, und die mikroskopischen Untersuchungen über die Ursache des Leuchtens lieferten so wie die chemischen Versuche dasselbe Resultat wie bei den Fischen.

Bemerkenswert ist es jedoch, daß ich bei den Austerschalen das Leuchten auch schon da beobachtete, wenn das Tier zwischen den Schalen noch im unversehrten und lebenden Zustande war. Die Sache findet jedoch darin ihre Erklärung, wenn man berücksichtigt, daß unzählige kleine Seetiere an der Außenseite der Austernschalen so wie anderer Schaltiere festsitzen und so, an der Luft liegend, früher absterben als die Auster selbst."

Ich selbst habe zahlreiche verschiedene Seetiere teils in Triest, teils nach ihrer Ankunft in Prag und Wien im toten Zustande leuchten gesehen, z. B. Seesterne, Austern, Eledone, Viribus viridis, Pinna (Steckmuscheln), Lima inflata, Crustaceen und Mytilus (Miesmuscheln) und mich überzeugt, daß auch hier das Leuchten immer durch Bakterien bedingt war. Ungemein häufig findet man marine Flohkrebse (Amphipoden) im toten Zustande leuchtend.

2. Süßwasserfische.

Während das Leuchten von Meeresfischen als eine weitverbreitete Erscheinung übereinstimmend zugegeben wird, liegen über die Licht-

1) Heller, J. F., l. c. p. 135.

entwickelung von toten Süßwasserfischen ziemlich widersprechende Ansichten vor, doch lautet gegenwärtig die Mehrzahl der Angaben dahin, daß das spontane Leuchten bei Süßwasserfischen im großen und ganzen selten vorkommt.

Gegen die Behauptungen früherer Gewährsmänner (Porta, Schott, Halle, Dessaignes), die den Satz „pisces sale conditi lucent“ auch für Süßwasserfische zur Geltung bringen wollten, hat bereits Heinrich[1]) auf Grund seiner Versuche Stellung genommen. Er prüfte zahlreiche Süßwasserfische (Aal, Rutte, Barsch, Schiel, Wels, Forelle, Hecht, Barbe, Karpfen, Schleie und Weißfisch) mit und ohne Kochsalz, hatte aber fast gar keinen Erfolg. „Aus mehr als dreißig Proben gelang eine einzige vollständig, eine andere kaum zur Hälfte, alle übrigen ganz und gar nicht.“ Das positive Resultat bezog sich auf einen Hecht: „Am 13. Dezember 1814 nachmittag wurde ein dreipfündiger Hecht abgetan, ausgenommen, mit frischem Wasser abgewaschen, seiner Schuppen beraubt, dann mit Kochsalz reichlich und kräftig in- und auswendig eingerieben und so in einen Speisebehälter von 12° Temperatur auf einer flachen Schüssel hingelegt. Den 14. abends leuchtete er schon, den 15. noch schöner, am 16. und 17. abends stand er in seiner schönsten Lichtperiode. Er übertraf an Helle den Schellfisch (§ 75), vermutlich weil er größer war. Das Licht war weißlich, ruhiger glänzend, erstreckte sich vom Kopf bis zum Schweif durch alle Teile. Der Hecht schwitzte und eine schleimige Feuchtigkeit lagerte sich auf der ganzen Oberfläche, die man mit den Nägeln der Finger wegwischen und womit man die ganze Hand schön leuchtend machen konnte. Hierbei war der Fisch noch ganz gut und äußerte keine Spuren Fäulnis.“

Heller[2]) erhielt in Berlin bei seinen einschlägigen Versuchen negative Resultate. Da ihm aber Johannes Müller mitteilte, daß er auch an Süßwasserfischen das Leuchten beobachtet habe, so sah er sich zu neuen Experimenten gelegentlich eines Aufenthaltes in Gießen mit Fischen aus der Lahn aufgemuntert. Und nun gelang es ihm tatsächlich, aber nur stellenweise am Hecht und Aal, schwaches spontanes Leuchten zu sehen. Bei weiteren Versuchen in Paris mit Fischen aus der Seine konnte gleichfalls nur bei einigen wenigen Lichtentwickelung festgestellt werden.

Während das bloße Einreiben mit Kochsalz keinen Erfolg hatte, gelang es ihm leicht, Süßwasserfische (Aal, Hecht) durch Imprägnieren mit Meerwasser leuchtend zu machen. Analoges konnte er bei Kanin-

1) Heinrich, Pl., l. c. p. 378.
2) Heller, J. F., l. c. p. 135.

chen konstatieren, die 12 Stunden in Meerwasser eingelegt und dann der Luft ausgesetzt worden waren. Die Kaninchen leuchteten stellenweise an den Eingeweiden.

Versuche über die ansteckenden Eigenschaften der Leuchtmaterie verdanken wir auch Pflüger[1]). Er infizierte mit dem leuchtenden Belag des marinen Schellfisches mehrere Arten von Süßwasserfischen: Aal (Anguilla vulgaris), Schleie (Cyprinus Tinca), Karpfen (Cyprinus carpio), Barbe (Barbus fluviatilis), Weißfisch (Cyprinus leuciscus). Jeder Süßwasserfisch wurde, ebenso wie die Schellfische, einzeln für sich über die Nacht in eine 3-proz. Lösung von Seesalz eingelegt, um ihn mit Salz gehörig zu durchtränken. Sodann wurde jeder Süßwasserfisch in zwei Hälften zerlegt, die eine davon wurde ohne weiteres auf Schalen in einem Keller deponiert, die andere gleichfalls, zuvor aber noch in der Salzlösung, in welcher der Seefisch lag, abgespült und wohl auch etwas an ihm gerieben. Das Resultat war, daß stets der Seefisch früher zu leuchten anfing als die Süßwasserfische, daß aber nach 2—3 Tagen alle Teile der Süßwasserfische, die mit dem Schellfisch in Berührung gekommen waren, zu leuchten anfingen, während die nicht infizierten Fische mit einer einzigen Ausnahme dunkel blieben. Man kann also Süßwasserfische auf diese Weise leuchtend machen, und zwar ebenso stark, wie dies bei Seefischen der Fall ist. So hat der genannte Autor bei einer Schleie die Lichtentwickelung mit einer Kraft auftreten sehen, „daß das Tier aussah, als ob es von Silber sei und von hellem Mondesglanz beschienen wäre".

Pflüger führt das zuweilen beobachtete Leuchten von Süßwasserfischen auf eine Infektion mit Seewasserfischen zurück. Er betont ganz richtig, daß auf dem Markte eine solche Infektion sehr leicht möglich sei. Wenn man bedenkt, daß der Fischhändler jetzt einen marinen Fisch in der Hand hält, dann wieder einen Süßwasserfisch, und daß beiderlei Fische auf die Wage kommen, und der Schleim des einen auf die Haut des anderen gelangen kann, so wird sicherlich eine Infektion erfolgen können.

Um über die Sache ein eigenes Urteil zu gewinnen, habe ich in Prag zunächst Süßwasserfische vom Fisch- und Aquariumhändler, und zwar Karpfen, Hechte, Grundeln, Barschen und Schmerlen auf Leuchten geprüft. Die frisch gekauften Fische wurden getötet, zum Teil ohne weitere Behandlung auf Schalen ausgelegt, zum Teil noch vorher durch einige Stunden in einer 3-proz. Kochsalzlösung liegen gelassen. Obwohl ich im ganzen gegen 110 Fische untersuchte — sie blieben bis

1) Pflüger, E., l. c. Bd. XI. p. 236.

zum Eintritt starker Fäulnis in einem ungeheizten Raum, von Glasglocken bedeckt, liegen — habe ich, abgesehen von zwei Fällen, in welchen ich deutliches Leuchten beim Karpfen gesehen habe, niemals den Eintritt einer Lichtentwickelung feststellen können. Nach diesen und anderweitigen Erfahrungen, namentlich aber mit Rücksicht auf den Umstand, daß sich gewöhnlich leuchtende Süßwasserbakterien nicht nachweisen lassen (vgl. p. 110), schien es mir sehr wahrscheinlich, daß in den wenigen Fällen, wo Leuchten bei Fischen unseres süßen Wassers eintritt, die Lichtentwickelung nicht ursprünglich von Bakterien des süßen Wassers herrrührt, sondern erst sekundär durch eine Infektion mit marinen Leuchtbakterien veranlaßt wird.

Wenn diese Ansicht auf ihre Richtigkeit geprüft werden sollte, dann dürfen meiner Ansicht nach nur Fische verwendet werden, die noch keine Gelegenheit hatten, beim Fischhändler oder auf dem Markte oder sonst irgendwo mit marinen Fischen in Kontakt zu kommen und von ihnen infiziert zu werden. Um dieser Bedingung zu entsprechen, schien es mir am zweckmäßigsten, die Fische selbst aus dem Fluß oder aus dem See zu fangen und sie nach der Tötung auf Leuchten zu beobachten, wobei jede Berührung mit marinen Fischen und auch mit dem Fleisch toter Schlachttiere zu vermeiden war und auch leicht vermieden werden konnte.

Zu diesem Zwecke habe ich im Sommer 1903 am Kochelsee in Oberbayern durch zwei Monate hindurch eifrig geangelt, nachdem ich schon zwei Jahre vorher in Zell am See (Salzburg) einschlägige Erfahrungen gesammelt hatte.

Die mit der Angel aus dem See gezogenen Fische wurden in reinem Wasser nach Hause gebracht, hier auf reine Teller gelegt, mit solchen bedeckt und in einem Keller bei etwa 16—18° C deponiert. Beobachtet wurde so lange, bis der Fisch in starke Fäulnis übergegangen war. Auch wurde jede Art mit und ohne Kochsalz geprüft, und zwar in der Weise, wie ich es schon früher angegeben habe.

Meine Beobachtungen erstrecken sich auf etwa 300 Fische, und zwar auf folgende Arten: Hecht Esox lucius, Flußbarsch Perca fluviatilis, Brachsen Abranius Brama, Rotauge Leuciscus rutilus, Aal Anguilla vulgaris, Aalraupe Lota vulgaris und Lauben Alturnus Mento.

In keinem einzigen Falle konnte auch nur eine Spur von Leuchten beobachtet werden.

Da nun meine Experimente mit Süßwasserfischen, die durch marine Bakterien nicht infiziert werden konnten, ein durchaus negatives Resultat ergaben, und da eine Lichtentwickelung selbst bei solchen Süßwasser-

fischen, die auf dem Markte oder beim Händler in Berührung mit marinen Fischen gekommen sein konnten, nur ganz ausnahmsweise vorkommt, so dürfte wohl der Schluß berechtigt sein, daß Süßwasserfische ohne vorher eingetretene Infektion mit marinen Photobakterien überhaupt nicht leuchten, und daß das hie und da beobachtete Leuchten bei Süßwasserfischen auf eine Ansteckung durch photogene Spaltpilze mariner Fische zurückzuführen ist.

In Uebereinstimmung damit steht die Angabe von Issatchenko[1]), der zufolge das Leuchten der Süßwasserfische nach Beobachtungen an Fischen aus dem südlichen Bug eine sehr seltene Erscheinung ist und, wenn sie auftritt, doch wieder durch marine Bakterien hervorgerufen werden dürfte. Er beobachtete das Leuchten der gefangenen Fische nach dem Einweichen in Salzwasser und nimmt an, daß die auf diesen Fischen auftretende Leuchtbakterie aus dem Meerwasser (Schwarzes Meer) stammt, im Süßwasser ihre Leuchtkraft verloren hat und durch hinzugefügtes Salzwasser wieder ihre Leuchtkraft erhält. Diese Bakterie, die ein Stäbchen von 3—4 μ Länge und 1,5—2 μ Breite darstellt und auf einem Nährboden mit 0,5—3 Proz. Chlornatrium gut leuchtet, wurde von dem genannten Autor Bacterium Hippani benannt.

Im Anschlusse sei mitgeteilt, daß es Hulme[2]) zweimal geglückt sein soll, junge Frösche (geschwänzte Kaulquappen) in einer wässerigen Lösung von Glaubersalz, sowie mit Küchensalz leuchtend zu machen. Die Tiere begannen nach zwei Tagen zu leuchten, das Licht hielt durch sechs Tage an und war gewöhnlich nur bemerkbar, wenn man die Salzlösung schüttelte. Der Versuch gelang, als er von Hulme zehn Tage später wiederholt wurde, nicht mehr. Da Heinrich aus Erfahrung wußte, daß Austern spontan leuchten können, so interessierte es ihn, nachzusehen, ob sich unsere Flußconchylien nicht vielleicht ähnlich verhalten. Alle seine Bemühungen, die Flußmuschel Mya pictorum zum Leuchten zu bringen, blieben fruchtlos. Im Hinblicke auf unsere Erfahrungen mit Süßwasserfischen, und weil der vorhin erwähnte Versuch Hulmes mit Kaulquappen nur ein einziges Mal gelang, liegt der Gedanke nahe, auch hier eine Infektion entweder mit marinen Leuchtbakterien oder mit dem auf Küchenfleisch so verbreiteten Bacterium phosphoreum anzunehmen.

---

1) Issatchenko, B., Die leuchtende Bakterie aus dem südlichen Bug. Bull. du Jardin Impérial botanique à St. Pétersbourg. T. XI. 1911. No. 2. p. 49.

2) Heinrich, Pl., l. c. p. 381.

E. Ueber das Leuchten lebender Tiere, hervorgerufen durch Infektion.

Ich habe schon vorhin hervorgehoben, daß marine Amphipoden im toten Zustande häufig leuchten.

Giard[1]) hat nun die interessante Beobachtung gemacht, daß Talitrus mitunter schon im lebenden Zustande leuchtet. Am Strande bei Wimereux sah er unter Tausenden Talitrus, welche nicht leuchteten, einen, der im Gegensatze zu den anderen nicht sprang, sondern langsam über den Sand dahinkroch und ein intensives Licht verbreitete. Giard vermutete daher, daß es sich hier nicht um eine physiologische Besonderheit handele, sondern daß der Krebs von Leuchtbakterien befallen sei. In der Tat zeigte sich das Innere des Tieres mit Bakterien (Diplokokken) vollgepfropft, und wenn man gesunde Tiere mit dem bakterienhaltigen Blute der kranken leuchtenden impfte, so konnte man diese „Lichtseuche“ auf die gesunden übertragen. Mit gutem Erfolge gelang auch die Impfung durch Impfstich auf Orchestia, Hyale Nilssoni Rathke, Ligea oceanica L., den Isopoden Philoscia muscorum und Porcellio scaber, während Dekapoden (Carcinus maenas) zwar an der Stichstelle leuchtend, aber nicht weiter infiziert wurden. Da es Giard weiterhin gelang, mit den von einem toten Flunder herrührenden Photobakterien Talitrus zum Leuchten zu bringen, so stellt sich der genannte Forscher vor, daß sich verwundete Talitrus, wenn sie unter den Auswürfen des Meeres hausen und hier von toten leuchtenden Fischen fressen, sich die Photobakterien einimpfen und dadurch leuchtend werden. Die im Talitrus mit weißgrünlichem Lichte schimmernden Bakterien erwiesen sich als pathogen, denn der damit infizierte Krebs wird nach und nach matter und stirbt schließlich ab. Nach eingetretenem Tode leuchtet er noch einige Stunden und nimmt dann eine bräunliche Färbung an. Von Interesse sind auch die Versuche Tarchanoffs[2]) über durch Impfung mit Photobakterien leuchtend gemachte Frösche. Um solche zu erhalten, spritzt er dem Frosche in den Lymphsack des Rückens einige Kubikzentimeter leuchtender Bouillon ein. Die Bakterien gelangen von hier aus allmählich ins Blut und machen nach und nach den ganzen Körper, insbesondere die Zunge und andere transparente Teile, leuchtend. Das Licht genügte, um die Umrisse des auf die photographische Platte gesetzten Frosches,

---

1) Giard, A., und Billet, A., Beobachtungen über die Phosphoreszenzkrankheit des Talitrus und anderer Crustaceen. Comptes rendus de la Société de Biologie. 1889. Sér. IX. T. I. p. 593. Giard, A., Neue Untersuchungen über die leuchtenden pathogenen Bakterien. Ebenda 1890. T. II. p. 188.

2) Tarchanoff, J., Lumière des bacilles phosphorescents de la mer Baltique. Compt. rendus. T. CXXXIII. 1901. p. 246—249.

der von ihr nur durch eine gewöhnliche Glasplatte getrennt war, zu erhalten. Nach 3—4 Tagen erlöschen die Frösche, wahrscheinlich weil, wie der genannte Autor meint, die Bakterien durch Phagocytose zerstört werden, und die Tiere werden dann wieder normal. Da die Bakterien, mit denen Tarchanoff experimentierte, dem baltischen Meere angehörten, mithin auf niedere Temperaturen gestimmt waren, so ist es begreiflich, daß solche Versuche mit warmblütigen Tieren, deren Körpertemperatur die Bakterien nicht mehr aufkommen läßt, nicht gelingen.

In der Literatur[1]) findet sich die Angabe, daß die gewöhnliche Maulwurfsgrille zuweilen leuchte. Eine Beschreibung eines bestimmten Falles verdanken wir Ludwig[2]). Zwei seiner Schüler beobachteten an einer Maulwurfsgrille einen im Dunkeln mit grünlichweißem Lichte leuchtenden Fleck, der so hell war, daß man ihn auch bei Tage in einem dunkeln Zimmer unter einem Tuche sah. Das Tier wurde in einem Glase mit Erde gehalten, wobei an einem halbdunkeln Orte von ihm nichts zu sehen war als die unsymmetrische, an der rechten Seite des Körpers hinter dem Kopfe gelegene leuchtende Stelle.

Während des Sommers 1901 habe ich mehrere Monate an 20 Maulwurfsgrillen, die in einem großen Glase mit feuchter Erde gehalten und regelmäßig gefüttert wurden, Beobachtungen angestellt, niemals aber eine Lichtentwickelung wahrnehmen können. Es ist daher nicht unmöglich, daß der von Ludwig beschriebene Fall durch eine Infektion mit einem leuchtenden Pilz bedingt war.

Das gleiche ist vielleicht auch bei leuchtenden Fliegen der Fall, die manchmal beobachtet worden sind.

Die Literatur über diesen Gegenstand, vermehrt durch eigene Beobachtungen, hat Peter Schmidt[3]) zusammengestellt. Aus dessen Arbeit entnehme ich, daß Pallas gelegentlich eines Aufenthaltes am Ufer des Astrabadschen Meerbusens ein Leuchten bei der gewöhnlichen Stechmücke Culex pipiens L. beobachtet habe. Pallas scheint aber Culex mit Chironomus verwechselt zu haben.

Das Leuchten von Mücken wurde 1874 zum zweiten Male von dem Mitgliede der Aralo-Kaspischen Expedition W. D. Alenizyn[4]) entdeckt.

1) Dittrich, R., Ueber das Leuchten der Tiere. Wissensch. Beilage z. Progr. des Realgymnasiums am Zwinger zu Breslau. 1888. p. 2.

2) Ludwig, F., Ueber die Phosphoreszenz von Gryllotalpa vulgaris. Ein Referat darüber in Bot. Zentralbl., Beihefte. 1891. p. 412.

3) Schmidt, P., Ueber das Leuchten der Zuckmücken (Chironomidae). Zool. Jahrbücher, Abt. f. Systematik, Geographie u. Biologie der Tiere. Bd. VIII. Jena 1895. p. 58—60.

4) Alenizyn, W. D., In „Trudy“ der Gesellschaft. V. 6. 1875. p. XI.

Während eines Aufenthaltes am Aral-See und in der Gegend der Mündung des Amu-Darja hatte er Gelegenheit, viele leuchtende Mücken (Chironomus) zu beobachten, die sich auf den Schiffsborden niederließen.

1871 fand Brischke[1]) am Kadaunefluß in Pommern zwei leuchtende Weibchen von Chironomus tendens Fr., und Sorokin sah leuchtende Zuckmücken am Issykkul-See. Schmidt hatte am Issykkul-See im Sommer 1892 gleichfalls das Glück, leuchtende Mücken zu sehen, die er als Chironomus intermedius St. bestimmt hat, eine Art, die nach Schinners Meinung bloß eine Varietät des gemeinen Chironomus plumosus L. ist.

Es sprechen nach Schmidt mehrere Umstände dafür, daß hier eine Infektion vorliegt.

1. zeigt sich das Leuchten nicht an speziell leuchtenden Arten, sondern an ganz gewöhnlichen, weitverbreiteten Formen.

2. leuchten nicht besondere Organe, sondern die ganze Oberfläche mit ihren Anhängen (Füße und Antennen). Auch ist das Leuchten nicht vom Willen des Tieres abhängig.

3. Die Mücken sind auffallend unbeweglich und machen den Eindruck von kranken Tieren. Man beachte die Schilderung Alenizyns: „Ich habe keine selbständigen Bewegungen der Insekten beobachtet, die, welche ich in die Hände nahm, blieben vollkommen unbeweglich. Beim Anrühren schienen einige Individuen undeutliche Bewegungen zu machen, gewöhnlich fielen sie aber dabei nieder, und da sie größtenteils sich an der äußeren Seite des Schiffbords gruppierten, so gerieten sie ins Wasser."

Nach den Aussagen der Einwohner fliegen die leuchtenden Fliegen sehr selten, sondern sitzen gewöhnlich unbeweglich auf den Aesten der Sträucher. Schüttelt man die Zweige, so fallen die Insekten in die darunter gehaltene Hand und machen nicht den geringsten Versuch wieder fortzufliegen.

4. Erwägt man ferner, daß an solchen Fliegen keine den Leuchtorganen anderer Tiere ähnlichen Gebilde aufgefunden werden konnten und die Männchen ebenso wie die Weibchen Licht entwickeln, das Leuchten also wohl schwerlich eine Rolle in geschlechtlicher Beziehung spielen dürfte, so wird es nicht unwahrscheinlich, daß ein ähnlicher Fall wie bei Talitrus vorliegt und auch gewisse Mücken von photogenen Bakterien oder anderen Leuchtpilzen befallen werden können.

---

1) Brischke, Leuchtende Dipteren, in: Deutsche Ent.-Ztg. Jahrg. 20. 1876. Heft 3.

In einem dichten Gebüsch unmittelbar am Ufer der Elbe am Herrenkrug bei Magdeburg beobachtete Henneberg[1]) an zwei aufeinander folgenden Abenden (19. und 20. August) 4 Schwammmücken der Gattung Mycetophila, die ein hellgrünes Licht ausstrahlten. Die Larven dieser Fliegen leben in Pilzen und morschen Bäumen. Zwei dieser Mücken, etwa von der Größe einer gewöhnlichen Stechmücke, flogen ziemlich schnell und spritzten, sowie man sie gefangen nahm, einen stark leuchtenden Saft aus, der an den Fingern noch längere Zeit weiter leuchtete. Zwei andere, die bereits tot waren, leuchteten auch, aber etwas schwächer. Alle 4 Mücken zeigten einen stark aufgetriebenen Hinterleib, und ihr Licht schien vom ganzen Körper auszustrahlen. Bei der Schilderung der Beobachtungen Hennebergs drängt sich die Vermutung auf, daß es sich hier um eine Infektion, vielleicht mit Bakterien des Elbewassers handelt. Da der Autor angibt, daß das Elbewasser an der betreffenden Stelle, wo die Mücken gefunden wurden, einen Salzgehalt von 0,1 Proz. aufwies und da im Elbewasser tatsächlich Leuchtbakterien gefunden worden sind (vgl. p. 110), so ist vielleicht hier die Quelle der fraglichen Infektion der Pilzmücken zu suchen.

Klarheit in die Ursachen des Leuchtens der Zuckmücken brachten erst die Untersuchungen von Issatchenko[2]). Er hat während des Sommers 1910 am Ufer des südlichen Bug in der Nähe der Stadt Nikolaieff im Dorfe Warwarowka das Leuchten der Zuckmücken (Chironomus) beobachtet und als Ursache des Leuchtens eine Bakterie erkannt. Hier waren die leuchtenden Mücken überall unter Gebüschen und im Rasen in großen Mengen zu finden. Die einen waren noch lebendig und konnten noch fliegen, die anderen waren schon tot. Nach ihrem ganzen Verhalten schienen die leuchtenden Fliegen krank zu sein, starben gewöhnlich im Verlauf von 24 Stunden, und das Interessante war, daß sie noch nach dem Tode 3—4 Tage zu leuchten fortfuhren, während die nicht leuchtenden noch 2—3 Wochen in der Gefangenschaft weiterlebten. Mit Ausnahme der Augen leuchtete die ganze Oberfläche des Tieres. Issatchenko ist es gelungen, aus diesen leuchtenden Mücken eine Leuchtbakterie herauszuzüchten, die auf verschiedenen Kochsalz enthaltenden Nährsubstraten gut wuchs, auf wenig Kochsalz führenden Nährböden (0,5—1 Proz. NaCl) aber stärker leuchtete als auf stärker salzhaltigen und auch auf Fleischpeptonagar ohne Koch-

1) Henneberg, W., Leuchtbakterien als Krankheitserreger bei Schwammmücken. Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. XXV. 1899. p. 649—650.

2) Issatchenko, B., Erforschung des bakteriellen Leuchtens des Chironomus (Diptera). Bull. d. Jard. Impér. botan. à St. Pétersbourg. T. XI. 1911. No. 2. p. 42.

salz Licht entwickelte. Der Autor hat den gefundenen Spaltpilz — ein Stäbchen mit abgerundeten Enden von 2—3 μ Länge und 1 μ Breite — Bacterium Chironomi getauft.

M. Sybille Merian teilt in ihrem großen Werke „Metamorphosis insectorum Surinamensium" mit, daß die große surinamsche Laternenfliege, Fulgora laternaria, leuchte. Sie hatte mehrere dieser lebenden Insekten in eine Schachtel eingeschlossen. In der Nacht machten sie ein so großes Geräusch, daß sie sich bewogen fühlte, nachzusehen. Beim Oeffnen der Schachtel war sie in hohem Grade überrascht, die Insekten wie im Feuerschein erglänzen zu sehen. Das Licht war so stark, daß man bei dem von einem einzigen Tiere eine Zeitung lesen konnte.

Obwohl verschiedene Forscher dieser Sache ihre Aufmerksamkeit widmeten, konnte doch keiner von ihnen Merians Befund bestätigen. Für diese zweifelhafte Angabe glaubt nun Distant[1]) den Schlüssel gefunden zu haben in der vorhin besprochenen Arbeit Peter Schmidts über das Leuchten von Chironomiden. Distant meint, daß auch das Leuchten des Laternenträgers auf denselben Ursachen, auf einer Ansteckung mit leuchtenden Mikroorganismen beruhe, und daß hierdurch auch die Seltenheit des Phänomens bei diesem Insekte erklärt werden könnte.

Diese Fälle bedürfen noch einer gründlichen Untersuchung, desgleichen würde es sich empfehlen, das mehrfach beobachtete Leuchten von Regenwürmern von dem geäußerten Gesichtspunkte zu studieren. Indem ich auf die ausführliche Zusammenstellung der Literatur über leuchtende Regenwürmer von Matzdorff[2]) verweise, will ich selbst darüber nur folgendes mitteilen. Zunächst eine Beobachtung von Stein[3]). Als der bekannte Prager Zoologe seinerzeit Mitte September abends im Kreise seiner Verwandten in der Umgebung von Potsdam von dem Meeresleuchten erzählte, meldete ein jüngeres Familienmitglied, das eben vom Brunnen des anstoßenden Gartens Wasser geholt hatte, sehr erregt, daß es um den Brunnen herum ebenfalls Leuchttiere gesehen hätte. Stein hielt dies zuerst für einen Scherz, allein er überzeugte sich bald, daß die stark durchfeuchtete, den Brunnen umgebende Kies-

1) Distant, W. L., On a probable explanation of an unverified observation relative to the family Fulgoridae. Transactions of the Entomolog. Society of London. 1895. p. 429.

2) Matzdorff, Sitzungsberichte d. Gesellsch. naturf. Freunde. Jahrg. 1893. No. 1. p. 19—23.

3) Stein, Friedr. v., Der Organismus der Infusionstiere. III. Abt. 2. Hälfte. Leipzig 1883. p. 17.

schicht mit vielen kontinuierlich leuchtenden Stellen bedeckt war. Beim Umwühlen der Kiesschicht kamen Regenwürmer zum Vorschein, die so viel leuchtenden Schleim absonderten, daß sie nicht nur selbst an ihrer Oberfläche leuchteten, sondern auch die von ihnen berührten Gegenstände leuchtend machten.

Matzdorff wurde auf leuchtende Regenwürmer durch einen seiner Schüler aufmerksam, der sie zuerst im Jahre 1890 in einem an der nördlichen Weichbildgrenze Berlins gelegenen Garten gesehen hatte. In den folgenden Jahren konnten sie von Ende Juli bis zum Eintritt des Frostes im Oktober wieder beobachtet werden. Das Licht erinnerte an das von Lampyriden und ging von einem Schleim aus, der die Haut der Würmer und auch ihren Weg bedeckte. „Oftmals fand man, wenn man die leuchtenden Streifen und Punkte untersuchte, keine Würmer, sondern eben nur ihre Spuren. Auch bedeckten sich Stiefel, Pinzette, Hand und Glasgefäße mit der leuchtenden Absonderung, wenn die Würmer mit ihnen in Berührung gekommen waren.“ Aehnliche Angaben machen auch Dugès, Cohn, Veydovsky, Giard, Hilliger und Moniez. In den meisten Fällen dürfte es sich um Regenwürmer handeln, die aus fernen Ländern mit Pflanzen eingeschleppt wurden, doch scheint das Leuchten auch bei einheimischen (Allolobophora foetida), wenn auch nur zeitweise und unter bestimmten Umständen, vorzukommen. Gesehen habe ich selbst das Leuchten einheimischer Regenwürmer nie, obwohl ich Hunderte aus dem freien Lande zu verschiedenen Jahreszeiten geprüft habe. Doch hatte ich Gelegenheit, das Leuchten von Regenwürmern im Gewächshause zu beobachten.

Vor 2 Jahren hat mein damaliger Adjunkt, Herr Dr. Karl Linsbauer, derzeit Professor an der Universität in Graz, im Gewächshause des Wiener pflanzenphysiologischen Institutes leuchtende Regenwürmer entdeckt, die höchstwahrscheinlich durch exotische Pflanzen eingeschleppt worden und viel kleiner als unser gewöhnlicher Regenwurm waren. Ich konnte mich oft davon überzeugen, wie diese Würmer auf chemische und mechanische Reize einen intensiven leuchtenden Schleim absonderten, der aber, wie die sofortige mikroskopische Beobachtung lehrte, keine Bakterien zu enthalten schien.

F. Ueber das Leuchten von Hühnereiern, Kartoffeln etc.

A. Hühnereier.

In der älteren Literatur finden sich zwar einige wenige Angaben über das Leuchten von Hühner- und Reptilieneiern, doch wird die Erscheinung hier nirgends genauer beschrieben, auch sind die Ursache

des Leuchtens, sowie die Umstände, unter denen ein Leuchten auftritt, für Hühnereier erst in neuerer Zeit von Molisch[1]) aufgedeckt worden.

Nach Cohausen[2]) hat man bei Hühnereiern manchmal ein Leuchten bemerkt, und Heinrich[3]) fügt hinzu: „Setzen wir diesen das Leuchten des Fischrogens und der Krebseierchen hinzu, so gewinnt das Phänomen merklich an Allgemeinheit; nur ist zu bedauern, daß auch dieser Fall unter Hunderten kaum einmal zutrifft."

Heinrich erwähnt, es sei ihm von Augenzeugen berichtet worden, daß auch die Eier unserer Eidechse (Lacerta agilis) leuchten.

Heller[4]) äußert sich über das Leuchten von Eiern folgendermaßen: „Von Hühnereiern wird angegeben, daß man sie bisweilen schwach leuchtend gefunden hat. Ich selbst sah ein Hühnerei, welches aber mit unreifer weicher Schale gelegt wurde, nachdem es im Zimmer gelegen, am zweiten Tage stellenweise leuchten, das Licht war ganz so wie beim verwesenden Holze, somit wie bei den Rhizomorphen. Landgrebe erzählt, daß er die Eier der Lacerta agilis und mancher Schlangen öfter leuchten gesehen habe, und zwar mit einem grünen phosphorischen Lichte. Auffallend ist die Bemerkung, die Landgrebe macht, daß, je frischer die Eier sind, desto intensiver das Licht sei. Sogar bei Tage an schwach leuchtenden Stellen ist das Licht beobachtbar. Werden die Eier in feuchter Erde aufbewahrt, so können sie wochenlang leuchtend erhaltend werden. Beim Trocknen und Einschrumpfen der Eier verschwindet das Leuchten, die nicht mehr phosphoreszierenden Eier können noch durch Bewegung zum Leuchten gebracht werden. Ich selbst habe die Eier von Coluber natrix leuchten gesehen und habe die Ueberzeugung gewonnen, daß die leuchtende Substanz nur in dem feuchten schlüpfrigen Ueberzuge der Eier, solange er feucht ist, ganz locker enthalten ist, so daß mit dem Wegwischen dieses das Ei befeuchtenden Ueberzuges auch die leuchtende Substanz abgewischt wird. Der Grund ist derselbe wie bei den faulenden Fischen und liegt in der beginnenden Fäulnis der tierischen Substanz, welche die Schalen der Eier umgibt und von der Kloake herrührt."

Aufmerksam gemacht durch diese in der Literatur vorhandenen Angaben, habe ich zu verschiedenen Jahreszeiten Hühnereier im Finstern beobachtet, habe aber anfänglich weder bei frischen noch bei

---

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten von Hühnereiern und Kartoffeln. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. CXIV. Abt. I. 1905. p. 3.

2) Cohausen, Lumen novum Phosphoris accensum. Amstel. 1717. p. 109. Zitiert nach Pl. Heinrich.

3) Heinrich, Pl., l. c. III. Abhandl. p. 381.

4) Heller, Fl., l. c. p. 165.

alten oder verdorbenen Eiern ein Leuchten nachweisen können. Da wurde ich im Oktober 1904 von dem Augenarzte in Nauheim, Herrn Dr. Oswald Gerloff, auf das Leuchten von sogenannten Soleiern hingewiesen, worunter man Hühnereier versteht, die in gekochtem Zustande in Salzwasser aufbewahrt und in den Gasthäusern Deutschlands nicht selten vorrätig gehalten werden. Dr. Gerloff teilte mir auch mit, wie die Soleier hergerichtet werden, und hatte die Güte, mir eine Probe von leuchtenden Soleiern in Kochsalzlösung zu senden. Als ich die Salzlösung nach ihrer Ankunft in eine Glasschale ausgoß und die Eier dann hineinlegte, bemerkte ich in der Dunkelkammer nach einiger Zeit, daß die ganze Salzlösung in milchweißem Lichte leuchtete und daß auch die Eier an verschiedenen Punkten, wo die Schale zerbrochen war, leuchtend waren. Drei Tage nach der Ankunft leuchteten die Eier noch ziemlich stark, nach 8 Tagen nur mehr schwach. Ich ging nun sofort daran, den Erreger des Lichtes rein zu kultivieren, um vielleicht hierdurch einen Fingerzeig dafür zu erhalten, wie und unter welchen Verhältnissen das Leuchten der Eier zustande kommt. Salzpeptonagar wurde mit Spuren der vom Ei abwischbaren Leuchtmasse geimpft, zu Platten ausgegossen, und schon nach wenigen Tagen war ich im Besitze von tadellosen Reinkulturen des Lichterregers. Er entpuppte sich als eine mir wohlbekannte Bakterie, als das Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch. Es war derselbe Spaltpilz, der nach meinen Untersuchungen das Leuchten des Schlachtviehfleisches hervorruft und sich in unserer nächsten Nähe überall da, wo Fleisch regelmäßig hingebracht wird, in Schlachthäusern, Eiskellern, Fleischerläden, Markthallen und Küchen eingenistet hat.

Nach und nach drängte sich mir immer mehr und mehr die Ueberzeugung auf, daß das Leuchten der Soleier überhaupt von der Bakterie des Schlachtviehfleisches bedingt sein dürfte. Folgende Erwägungen und Tatsachen brachten mich auf diesen Gedanken.

1. konnte ich mich durch spezielle Versuche überzeugen, daß auf frisch gelegten Eiern keine Leuchtbakterie haftet.

2. gelingt es nicht, weder gekochte noch ungekochte Hühnereier zum Leuchten zu bringen, wenn man in Räumen arbeitet, wo sich das Leuchtbakterium des Schlachtviehfleisches nicht vorfindet.

3. Das Leuchten von Hühnereiern wurde bisher mit Sicherheit in Gasthäusern beobachtet. Hier werden die sogenannten Soleier gewöhnlich in Speise-, Vorratskammern oder in der Küche aufbewahrt, wo das Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch ein ständiger Gast ist. Hier ist eine Ansteckung des Eies mit Leichtigkeit möglich, da die

Hand der Köchin häufig mit Schlachtviehfleisch in Berührung kommt, dann wieder mit der Salzlösung und den darin liegenden Eiern.

Von dieser Erwägung geleitet, machte ich die vorhin geschilderten Versuche anstatt im Laboratorium in der Küche meiner Privatwohnung. Ich überließ es der Köchin, die kurz vorher das vom Metzger für den Hausgebrauch überbrachte Rindfleisch zum Kochen hergerichtet hatte, die gekochten Eier mit zerschlagener Schale in die Salzlösung einzulegen, ohne sie aber in meine Absichten einzuweihen. Schon nach zwei Tagen konnte ich unter zehn Eiern bei drei Eiern und ebenso bei der ganzen Salzlösung ein Leuchten wahrnehmen. Als ich von diesen leuchtenden Eiern abimpfte und Reinkulturen anlegte, erhielt ich wiederum die Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches.

Nach dem Gesagten und auf Grund weiterer von mir gesammelter Erfahrungen[1]) unterliegt es für mich keinem Zweifel, daß die sogenannten Soleier unter den in Prag bestehenden Verhältnissen leuchtend werden, wenn sie in den Aufbewahrungsräumen (Küche, Speiseraum etc.) mit der Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch infiziert werden. Was in der Küche unabsichtlich geschieht, läßt sich mit einem hohen Grad von Sicherheit, d. h. fast mit jedem Ei oder mindestens mit einem sehr hohen Prozentsatze, erreichen, wofern man das Ei nur für ganz kurze Zeit mit Rindfleisch in Berührung bringt. Man verfahre auf folgende Weise. Am Markt gekaufte Hühnereier werden 8 Minuten gekocht und abgekühlt. Ihre Schale wird entweder durch Aufklopfen an einem harten Gegenstande oder mittels eines Löffels zerschlagen, aber nicht abgenommen. Nun wird das Ei einmal über ein handgroßes flaches Stück Rindfleisch gerollt und hierdurch mit der Leuchtbakterie des Fleisches infiziert. Schließlich wird das Ei in eine Schale mit einer 3-proz. Salzlösung (Leitungswasser + 3 Proz. ClNa) so hineingelegt, daß das Ei nur ganz wenig aus der Flüssigkeit herausragt. Das Ganze wird noch mit einer Glasglocke bedeckt und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt. Schon nach 1—2 Tagen treten an den zerschlagenen Stellen der Schale Lichtpunkte auf, auch die Flüssigkeit leuchtet matt; wenn sie etwas geschüttelt wird, leuchtet sie in starkem milchweißen Lichte, besonders in der unmittelbaren Umgebung des Eies. Manchmal erscheint die Salzlösung ganz dunkel, sobald sie aber erschüttert wird, leuchten die

---

1) Molisch, H., Ueber das Leuchten von Hühnereiern und Kartoffeln, l. c.

Bakterien infolge des vermehrten Sauerstoffzuflusses stark auf. Schält man ein leuchtendes Ei ab, so überzeugt man sich, daß das Licht hauptsächlich von der weißen, der inneren Oberfläche der Schale anhängenden Haut und von der Oberfläche des Weißen des Eies ausgeht. Die tieferen Teile des Eies leuchten, da sie dem Sauerstoff und vielleicht auch der Bakterie den Eintritt erschweren, nicht. Das Licht des Eies ist weiß, bei starker Intensität mit einem etwas grünlichen Ton. Es währt 3—4 Tage, nimmt schließlich immer mehr und mehr ab und erlischt in den folgenden Tagen völlig. Einzelne Eier habe ich bis 9 Tage leuchten gesehen.

Wenn das Ei zu leuchten beginnt, so ist es noch in genießbarem Zustande und hat keinen unangenehmen Geruch. Erst mit dem Anheben der stinkenden Fäulnis nehmen die Bakterien überhand, das Ei hört dann zu leuchten auf und wird ungenießbar. Es verhält sich daher das leuchtende Ei in dieser Beziehung genau so wie der leuchtende Fisch oder das leuchtende Fleisch.

Zur Veranschaulichung der geschilderten Verhältnisse sei noch ein einschlägiger Versuch genauer geschildert:

Am 18. Oktober 1904 wurden zehn vom Markte in Prag gebrachte Hühnereier gekocht. Je fünf kamen in je eine mit 3-proz. Kochsalzlösung gefüllte Schale, die voneinander durch Glasglocken ganz getrennt waren. Die einen kamen direkt in die Salzlösung, die anderen, nachdem sie mit Rindfleisch in der vorhin angegebenen Weise in Berührung gebracht worden waren. Die Schalen befanden sich in einem Laboratoriumszimmer, dessen Temperatur 15—18° C betrug.

Am 20. Oktober, also nach 2 Tagen, leuchteten alle fünf mit Rindfleisch in Berührung gekommenen Eier an verschiedenen Stellen, besonders an den Bruchstellen der Schale. Auch die Flüssigkeit leuchtete, und zwar recht stark, wenn sie geschüttelt wurde. Am dritten Tage war das Leuchten noch intensiver, die Eier zeigten leuchtende Punkte und Striche, die zumeist den Sprüngen der Schale entsprachen. Auf einem Ei befand sich ein etwa 2 cm großer, intensiv leuchtender Fleck, der so stark leuchtete, daß man ihn auf zehn Schritte im Finstern wahrnehmen konnte. Am vierten Tage setzte die stinkende Fäulnis ein, das Leuchten wurde zusehends schwächer und erlosch am sechsten Tage fast ganz. Das Fleisch, mit dem die Eier berührt wurden, leuchtete, mit Salzlösung benetzt, nachher auch prächtig, es ist aber bemerkenswert, daß die Eier, wenn sie mit einem Fleisch berührt wurden, welches später nicht leuchtete, gleichfalls keine Lichtentwickelung zeigten.

Ich will noch erwähnen, daß es auch gelingt, in der geschilderten Art ungekochte Eier, wenn sie mit Rindfleisch berührt werden, zur Lichtentwickelung zu bringen. Das Leuchten tritt aber viel seltener und schwächer auf als bei gekochten Eiern.

Was es für eine Bewandtnis mit dem Leuchten der Eidechsen- und Schlangeneier hat, ob es sich hier um eine auf der Oberfläche des Eies haftende Leuchtbakterie handelt oder um eine andere, ihrem Wesen nach vorläufig noch unbekannte Lichterscheinung, vermochte ich nicht zu eruieren, da die Eidechsen- und Ringelnattereier, die mir in die Hände fielen und die ich längere Zeit beobachtet habe, nicht leuchteten.

B. Kartoffeln.

Schon in der älteren Literatur findet sich mehrfach die Angabe, daß auch Kartoffelknollen sowie Rüben und Kohl im faulenden Zustande zu leuchten vermögen. So bemerkte man[1]) in der Kaserne zu Straßburg am 7. Jänner 1790 leuchtende ungekochte Kartoffeln.

Heller[2]) sah Rüben und Kartoffelknollen in verwesendem Zustande leuchten, er fand die Farbe und Intensität des Lichtes so wie beim leuchtenden Holze, und als Ursache bezeichnet er wieder einen Pilz, aber leider ohne etwas Genaueres darüber zu sagen.

Prof. E. Zacharias in Hamburg hatte die Güte, mir mitzuteilen, daß ihm einmal daselbst zum Speisen hergerichtete gekochte Kartoffeln in leuchtendem Zustande übersandt wurden, und daß er sie einem größeren Publikum demonstrierte.

Am 30. Juni 1904 erhielt ich durch die Güte des Herrn Dr. Klebahn, dem ich hierfür meinen verbindlichsten Dank ausspreche, leuchtende Kartoffeln. Ein Hamburger Bürger bemerkte zu seinem Entsetzen, daß die in der Vorratskammer seines Haushaltes aufbewahrten Kartoffeln leuchteten. Er eilte damit zu Herrn Dr. Klebahn, klagte ihm sein Leid, und dieser war so freundlich, sie mir nach Prag zur Untersuchung einzusenden. Es waren geschälte, gekochte, anscheinend zum Speisen hergerichtete Kartoffeln. Als ich sie in der Nacht mit wohl ausgeruhtem Auge betrachtete, konnte ich an mehreren Kartoffeln eine deutliche Lichtentwickelung wahrnehmen. Ich impfte von den leuchtenden Stellen auf Salzpeptongelatine ab und erhielt leuchtende

---

1) Heinrich, Pl., l. c. III. Abh. p. 337.
2) Heller, F., l. c. p. 54.

Bakterienkolonien. Leider war ich damals gerade mit Arbeiten verschiedener Art überhäuft, und ich kam nicht dazu, die Bakterie zu bestimmen. Da die Hamburger Kartoffeln gekocht waren und im Haushalt leuchtend wurden, so bildete ich mir die Ansicht, daß derartige Kartoffeln durch irgendeinen leuchtenden Fisch oder durch leuchtendes Fleisch in der Küche infiziert worden sein dürften. Leuchtendes Fleisch ist ja, wie wir jetzt wissen, eine ganz gewöhnliche Erscheinung; wenn also solches Fleisch mit Kartoffeln in Berührung kommt oder gar darauf gelegt wird, so kann eine Infektion mit Leuchtbakterien leicht erfolgen, und dies wird in einer Hafenstadt wie Hamburg um so leichter sein, wo neben Rindfleisch auch leuchtende Seefische sich in der Küche häufig vorfinden dürften. Von der Richtigkeit dieser Ansicht war ich erst recht überzeugt worden, als ich meine Erfahrungen über das Leuchten von Hühnereiern und über das willkürliche Hervorrufen ihrer Lichtentwickelung gemacht hatte. Es war nunmehr für mich in hohem Grade wahrscheinlich, daß das Auftreten leuchtender gekochter Kartoffeln wirklich in der angedeuteten Weise zustande kommt, und die folgenden Tatsachen haben die Richtigkeit meiner Vermutung außer Zweifel gestellt. Es läßt sich nämlich leicht zeigen, daß man mit derselben Sicherheit, mit der man sich leuchtende Hühnereier verschafft, auch leuchtende Kartoffeln gewinnen kann, wenn man in folgender Weise vorgeht: Ich koche geschälte Kartoffelknollen eine halbe Stunde in gewöhnlichem Wasser, streiche nach der Abkühlung jede einzelne über ein flaches Stück frisch gekauften Rindfleisches, lege schließlich alle so in eine Schale mit 3-proz. Kochsalzlösung, daß sie mit ihrer Oberfläche etwas aus der Flüssigkeit hervorschauen. Nach 1—2 Tagen schon beginnen sie bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zu leuchten. Die Berührung mit dem noch gar nicht leuchtenden Fleischstücke genügt, um die Kartoffel mit der Leuchtbakterie des Schlachtviehfleisches zu infizieren und so das Leuchten hervorzurufen. Benetzt man das Fleisch für sich mit 3-proz. Kochsalzlösung, so leuchtet es, sobald sich die Photobakterien genügend vermehrt haben, ebenfalls. Ich habe mich zu wiederholten Malen überzeugt, daß die Infektion der Kartoffeln nur mit solchen Fleischstücken gelingt, die später für sich zu leuchten vermögen, die also mit der Leuchtbakterie infiziert waren. Daß es sich auch hier um das Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch handelte, lehrten zu wiederholten Malen ausgeführte Reinkulturen.

Niemals gelang es mir, Leuchtkartoffeln zu erzielen, ohne die Kartoffeln mit Fleisch direkt oder indirekt in Berührung zu bringen; daraus geht wohl mit Sicherheit hervor, daß das Auftreten von leuchtenden Kartoffeln im Haushalte auf eine Infektion mit der Leuchtbakterie des Fleisches zurückzuführen ist.

Die Kartoffeln leuchten ebenso wie die Eier schon, wenn sie noch genießbar sind, erst nach einiger Zeit stellt sich die stinkende Fäulnis ein, andere Bakterien gewinnen dann die Oberhand, drängen im Kampfe ums Dasein die Leuchtbakterien zurück und machen der Lichtentwickelung ein Ende. Das Licht ist weißlich, auf der Oberfläche der Knollen am stärksten, es ist auch in der Salzlösung zu bemerken, besonders beim Schütteln.

So ist es denn gelungen, dank den neuesten Studien über die Lichtentwickelung der Pflanze auch in die sagenhaften Angaben über das Leuchten von Hühnereiern und Kartoffelknollen Klarheit zu bringen, die Ursachen zu erkennen und das Leuchten der genannten Objekte experimentell mit einiger Sicherheit hervorzurufen.

Weiteren Untersuchungen wird es vorbehalten bleiben, zu zeigen, ob auch rohe oder spontan verderbende Kartoffeln hie und da leuchten können und, wenn dem so sein sollte, welcher Pilz das Leuchten bedingt. Meine Bemühungen, derartige Kartoffeln zu erhalten, waren bisher vergeblich. Zwar waren mir Proben von verdorbenen, im Keller aufbewahrten Kartoffeln als leuchtend eingeschickt worden, allein ich konnte mich stets überzeugen, daß die Leute nicht in absolut finstern Räumen beobachteten und sich durch den von schimmeligen Mycelien ausgehenden schwachen Lichtreflex täuschen ließen.

Schon in der älteren Literatur findet sich mehrfach die Angabe, daß auch Kartoffelknollen, sowie Rüben und Kohl im faulenden Zustande zu leuchten vermögen

So bemerkte man [1]) in der Militärkaserne zu Straßburg am 7. Januar 1790 leuchtende ungekochte Kartoffelknollen.

Heller [2]) sah Rüben und Kartoffelknollen in verwesendem Zustande leuchten, er fand die Farbe und Intensität des Lichtes so wie beim leuchtenden Holze, und als Ursache bezeichnet er wieder einen Pilz, aber leider ohne etwas Genaueres darüber zu sagen.

Prof. E. Zacharias in Hamburg hatte die Güte, mir mitzuteilen, daß ihm einmal daselbst zum Speisen hergerichtete gekochte Kartoffeln

---

1) Heinrich, Pl., l. c. III. Abt. p. 337.
2) Heller, P., l. c. p. 54.

in leuchtendem Zustande übersandt wurden, und daß er sie einem größeren Publikum demonstrierte.

Es war mir nicht möglich, obwohl ich mich sehr darum bemühte, in den Besitz leuchtender roher Kartoffeln zu kommen, und so bin ich leider nicht in der Lage, etwas Bestimmtes darüber zu sagen. Immerhin möchte ich, namentlich auf Grund der Schilderung, die Prof. Zacharias mir von den leuchtenden Kartoffeln entwarf, der Vermutung Raum geben, daß sie in diesem Falle von leuchtendem Fleisch, also mit Leuchtbakterien infiziert worden waren. Ob bei faulenden leuchtenden Kartoffeln gleichfalls Bakterien beteiligt sind oder Fadenpilze (Hyphomyceten), die die Zersetzung der Kartoffel bedingen, bleibt noch zu untersuchen.

Bezüglich der Angaben über gelegentlich beobachtetes Leuchten von faulem Käse, Vogeleiern (wahrscheinlich verdorbenen), toten Cicaden, insbesondere aber über das Vorkommen von leuchtendem Harn und Schweiß verweise ich auf die ausführliche Literaturzusammenstellung bei Pflüger[1]), der in sehr plausibler Weise die Ansicht begründet hat, daß es sich bei leuchtendem Harn und Schweiß um Gärungsvorgänge, hervorgerufen durch Organismen, handle.

γ) Uebersicht über die bisher beobachteten leuchtenden Pilze.

Hyphomyceten.

Die Zahl der bisher bekannt gewordenen höheren Leuchtpilze ist keine große, ja man kann auf Grund der derzeitigen Erfahrungen die physiologische Eigentümlichkeit gewisser Pilze, Licht zu entwickeln, als eine Seltenheit hinstellen. Nichtsdestoweniger ist das Phänomen des Leuchtens in der Natur sehr verbreitet, da gerade einzelne Leuchtpilze, wie der Hallimasch und das Mycelium x, zu den gemeinsten Pilzen unserer Wälder gehören.

Sichergestellt wurde das Leuchten bisher bei folgenden Hyphomyceten:

1. Agaricus melleus Vahl (Europa) = Armillaria mellea Quél.,
2. „ olearius DC. (Südeuropa),
3. „ Gardneri Berk. (Brasilien),
4. „ igneus Rumph (Amboina),
5. „ noctilucens Lév. (Manila),
6. „ phosphorus Berk. (Australien),
7. „ Prometheus Berk. et C. N. (Hongkong),

---

1) Pflüger, E., l. c. 1875. p. 250 ff.

8. Agaricus lampas Berk.
9. „ illuminans Berk. } (Australien),
10. „ Ernerici Berk. (Andamaneninseln),
11. „ candescens Müll. (Australien),
12. „ socialis Fr. = Collybia tabescens Fr. (Südeuropa),
13. „ acerbus Fr. = Tricholoma acerbum Bull. (Europa),
14. Pleurotus candescens Müll. (Australien),
15. „ nidiformis (Australien),
16. Panus incandescens (Australien),
17. Mycaena illuminans Henn (Java),
18. Clitocybe illudens Schwein. (Nordamerika),
19. Polyporus noctilucens (Angola),
20. Kalchbrennera coralloides = K. Tuckii Berk. (Afrika),
21. Omphalia Martensii Henn. (Borneo),
22. Locellinia illuminans Henn. (Celebes),
23. „ noctilucens Henn. (Neupommern),
24. Ileodictyon cibarium Tul. (Neu-Seeland),
25. Mycelium x Molisch (Böhmen).

Bei den meisten der angeführten Pilze leuchtet der Fruchtkörper und zwar der ganze oder nur gewisse Teile, wie das Hymenium, der Strunk oder der Hut, bei Agaricus melleus entwickeln die Rhizomorphen und das Mycel Licht, bei Mycelium x leuchtet das Mycel.

Folgende Hyphomyceten sollen leuchten, doch sind darüber noch genauere Untersuchungen notwendig.

1. Polyporus citrinus (= caudicinus) (Schaeff.) Schröt.,
2. „ igniarius [1]),
3. Heterobasidium annosum,
4. Agaricus (Collybia) longipes Scop.,
5. „ „ tuberosus Bull.,
6. Corticium coeruleum (Schrad.) Fr. = Auricularia phosphorea Sch.
7. Panus stipticus Fr.

Aus der Reihe der Leuchtpilze sind nach den Untersuchungen von Molisch (s. p. 49) sicher auszuscheiden:

Xylaria Hypoxylon Pers.,
„ Cookei,
Trametes pini Fr.,
Polyporus sulfureus Fr.,
Collybia cirrhata Pers.

---

1) Ludwig, F., Botan. Centralbl. Bd. XII. 1882. p. 105.

Bakterien.

Die Zahl der bisher in der Literatur namhaft gemachten Leuchtbakterien ist bereits eine ziemlich große. Migula[1]) zählt in seinem System der Bakterien bereits 25 auf. Hierzu kommen die in letzter Zeit von Molisch[2]) neu entdeckten und genau beschriebenen aus dem Hafen von Triest. Er untersuchte systematisch die auf den Seefischen und anderen Seetieren vorkommenden Leuchtbakterien und konnte davon 4 neue feststellen: Pseudomonas lucifera, Microspira photogena, Microspira luminescens und Msp. gliscens. Unter diesen zeichnet sich die erste durch eine so intensive Leuchtkraft aus, wie sie bisher sonst bei keiner anderen Photobakterie beobachtet wurde.

Endlich hat Reinelt[3]) gezeigt, daß die miteinander oft verwechselten oder für identisch gehaltenen drei Bakterienarten Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch, Bact. phosphorescens Fischer und Bact. Pflügeri (Ludwig) Reinelt drei verschiedene, wenn auch sehr nahe verwandte Arten darstellen, und daß die von Foà und Chiapella[4]) aufgefundene und Photobacterium italicum benannte Leuchtbakterienart Pseudomonas italica (Foà et Chiapella) Reinelt zu heißen hat.

Halbwegs gekennzeichnet, teilweise gut beschrieben wurden von verschiedenen Autoren folgende Arten:

1. Micrococcus Pflügeri Ludwig = Photobacterium Pflügeri Beijerinck = Bacterium Pflügeri (Ludwig) Reinelt,
2. Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch = Micrococcus phosphoreus Cohn,
3. „ phosphorescens Fischer, nach Migula identisch mit Photobacterium phosphorescens Beijerinck,
4. „ Giardi (Kruse) Migula = Bacillus phosphorescens Giardi Kruse,
5. „ argenteo-phosphorescens (Katz) Mig. = Bacillus argenteo-phosphorescens II Katz,
6. „ smaragdino-phosphorescens (Katz) Mig. = Bacillus smaragdino-phosphorescens Katz,
7. Bacillus phosphoreus (Katz) Mig. = Bacillus argenteo-phosphorescens liquefaciens Katz,
8. „ argenteo-phosphorescens Katz = Bacillus argenteo-phosphorescens I Katz,
9. „ phosphoricus (Katz) Mig. = Bacillus argenteo-phosphorescens III Katz,

---

1) Migula, System der Bakterien. Jena 1897.

2) Molisch, H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. l. c.

3) Reinelt, J., Beitrag zur Kenntnis einiger Leuchtbakterien. Centralbl. f. Bakteriologie etc. Bd. XV. 1905. Abt. II. p. 289. Vgl. auch J. G. Gorham, Die lichterzeugenden Bakterien. Ebenda, Bd. XIII. 1904. p. 227—228.

4) Foà und Chiapella, Archivio di biologia norm. e pathologica. Bd. LXII. 1903. Heft 3.

10. Bacillus cyaneo-phosphorescens Katz,
11. „ Fischeri (Beijerinck) Mig. = Photobacterium Fischeri Beijerinck. Sehr nah verwandt damit ist „Einheimischer Leuchtbacillus Fischer“ = Photobacterium Fischeri forma baltica Beijerinck, Vibrio balticus Lehm. et Neum.,
12. „ phosphorescens Fischer = Photobacterium indicum Beijerinck, Vibrio indicus Lehm. et Neum.,
13. Pseudomonas lucifera Molisch = Bacillus lucifer Molisch,
14. „ italica (Foà et Chiapella) Reinelt = Photobacterium italicum Foà et Chiapella,
15. „ javanica (Eijkman) Mig. = Photobacterium javanense Eijkman,
16. Microspira photogena Molisch = Bacillus photogenus Molisch,
17. „ luminescens Molisch = Bacillus luminescens Molisch,
18. „ gliscens Molisch = Bacillus gliscens Molisch,
19. „ Dunbari Mig. = Vibrio Dunbar der Autoren = Vibrio albensis Lehm. et Neum. = Leuchtender Elbvibrio Kutscher, Dunbar,
20. „ coronata (Fischer) Mig. = Photobacterium coronatum Fischer,
21. „ annularis (Fischer) Mig. = „ annulare „
22. „ glutinosa (Fischer) Mig. = „ glutinosum „
23. „ delgadensis (Fischer) Mig. = „ delgadense „
24. „ tuberosa (Fischer) Mig. = „ tuberosum „
25. „ degenerans (Fischer) Mig. = „ degenerans „
26. „ luminosa (Fischer) Mig. = „ luminosum Beijerinck,
27. „ caraibica (Fischer) Mig. = „ caraibicum Fischer,
28. „ papillaris (Fischer) Mig. = „ papillare „
29. Bacterium Hippani Issatchenko,
30. „ Chironomi „

Gewiß werden in der Zukunft noch mehr Arten von Leuchtbakterien aufgefunden werden. Aber ebenso wahrscheinlich ist, daß manche von den angeführten Species sich als identisch herausstellen werden. Es wäre sehr zu wünschen, daß jeder, der sich bemüht, eine Bakterie zu beschreiben, dies mit möglichster Genauigkeit tun würde, allein es gibt manche, die glauben, eine Bakterie beschrieben zu haben, wenn sie ihr einen Namen gegeben und mit ein paar Schlagworten eine beiläufige Charakteristik gebracht haben. Wie leichtfertig darin vorgegangen wird, mag man daraus ersehen, daß manche sich damit begnügen, eine Bakterie klein oder sehr klein zu nennen, ohne es der Mühe wert zu finden, ein bestimmtes Maß anzuführen. Wie soll man dann eine solche Bakterie wiedererkennen oder mit einer anderen identifizieren? Dem Phanerogamensystematiker stehen bei seinen Arbeiten gewöhnlich die Originalexemplare einer fraglichen Species in getrockneten Exemplaren, oft sogar von mehreren Standorten zur Verfügung, er kann eine zu bestimmende Art mit den Originalien vergleichen. Der Bakteriensystematiker hingegen befindet sich, ganz abgesehen davon, daß ihm seine Pflanzen nur wenige morphologische Eigenschaften darbieten, nicht in

dieser glücklichen Lage. Wenn es sich um eine leicht zu beschaffende Art, z. B. um das Bacterium phosphoreum handelt, so wird man leicht die Diagnose stellen können, allein wenn irgendein Forscher auf Java oder in Westindien eine Leuchtbakterie findet und sie beiläufig beschreibt, wie soll dann später ein Forscher über diese Bakterie ein Urteil abgeben, wenn ihm keine Originalexemplare zur Verfügung stehen? Und selbst, wenn man solche Bakterien trocken aufbewahren würde, analog wie andere Pflanzen, so würde dies nur wenig nützen, weil die biologischen Merkmale an Trockenpräparaten fehlen und die tote Zelle allein zu keiner sicheren Bestimmung führen würde. Unter diesen Umständen begreift man es, daß ein so eminenter Bakterienforscher wie Beijerinck sogar auf den Gedanken verfällt, alle Leuchtbakterien unter einem Genus Photobacterium zu vereinigen. Aus Bequemlichkeitsgründen könnte man sich leicht veranlaßt sehen, seinem Vorschlage zu folgen, allein derartige Gründe können in der Wissenschaft doch erst in letzter Linie in Betracht kommen, zumal sich ja schon jetzt herausgestellt hat, daß die bisher bekannten Photobakterien an verschiedenen Stellen des Bakteriensystems stehen und sicher verschiedenen Gattungen angehören. Darum bin ich der Nomenklatur Migulas gefolgt, allein ich will gleich hinzufügen, daß ich dieselbe vorläufig noch als eine ganz provisorische ansehe, weil ja vielfach noch über die Gattungen ein Zweifel sein muß. Wenn z. B. eine Leuchtbakterie Bacillus Fischeri (Beijerinck) Mig. genannt wird, so setzt dies voraus, daß diese Bakterie nach der von Migula gegebenen Umgrenzung der Gattung Bacillus an ihrer ganzen Oberfläche mit Geißeln versehen ist. Allein mir scheint, daß noch kein Bakterienforscher bei der genannten Art die Geißeln gesehen hat, und ich gestehe offen, daß es mir trotz vielfacher Bemühungen bisher nicht gelungen ist, die Geißeln nachzuweisen.

IV.

Das Leuchten und die Entwickelung der Leuchtbakterien in Abhängigkeit von verschiedenen Salzen und der Temperatur.

a) Salze.

In der Literatur wird fast übereinstimmend betont, daß für das Leuchten und Gedeihen der Photobakterien ein Zusatz von Kochsalz zu dem Nährmedium notwendig ist. Indem man die Leuchtbakterien vorzugsweise auf Seetieren fand, erkannte man schon frühzeitig in dem Chlornatrium einen für das Leuchten bedeutsamen Faktor, und deshalb fügte auch Beijerinck zu seinen Nährmedien etwa $3^1/_2$ Proz. Kochsalz. Indes hat Beijerinck auch schon hervorgehoben, daß das Nährsubstrat anstatt des Kochsalzes isotonische Mengen anderer Mineralsalze enthalten kann[1]). Auch nach Dubois[2]) spielt das Kochsalz nicht ausschließlich die Rolle eines Nährstoffes, es bildet mit dem Wasser sozusagen ein künstliches Serum und kann in dieser Hinsicht durch entsprechende Mengen anderer Körper, z. B. durch Zucker, schwefelsaures Natrium und schwefelsaure Magnesia, vertreten werden.

Auch bei Bacterium phosphoreum, das das spontane Leuchten des Fleisches der Schlachttiere hervorruft, habe ich beobachtet, daß es sich, falls ich Fleischpeptongelatine ohne Kochsalzzusatz verwendete, fast nicht entwickelte und auch nicht leuchtete. Da es aber auf alkalisch gemachten Kartoffelscheiben ohne Kochsalz sehr schön wuchs und brillant in grünlichem Lichte leuchtete, so wurde ich dadurch aufmerksam ge-

---

1) Beijerinck, M. W., Le photobacterium luminosum, bactérie lumineuse de la mer du nord. Archiv Néerlandaises. T. XXIII. 1889. p. 2 des Separatabdruckes.

2) Dubois, R., Sur la production de la phosphorescence de la viande par le photobacterium sarcophilum. Extr. des Annales de la Société Linnéenne de Lyon. T. XXXIX. 1892. p. 12.

macht und zur Frage gedrängt, ob nicht das Kochsalz unter Umständen durch andere Körper überflüssig gemacht werde. Zwar folgt dies aus der Entwickelung des Pilzes auf ungesalzenen Kartoffeln und rohem Fleisch nicht ohne weiteres, denn bekanntlich enthalten sowohl Kartoffeln als auch Fleisch relativ viel Chloride, und vielleicht sind diese die Ursache davon, daß die genannte Bakterie auch ohne Kochsalzzusatz auf den beiden Substraten wächst. Da weder Beijerinck noch Dubois über die Vertretbarkeit des Kochsalzes durch andere Mineralsalze genauere Versuche mitteilen, so stellte ich selbst eine Reihe von Experimenten an, die ich hier im folgenden anführe.

1. Versuche mit Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch.

Als Nährsubstanz diente folgendes Gemisch:

1000 g H_2O
¼ g $MgSO_4$
¼ g K_2HSO_4
10 g Pepton
20 g Zucker
100 g Gelatine.

Diese Zuckerpeptongelatinelösung wurde mit Normalnatronlauge schwach alkalisch gemacht.

Es empfahl sich, für meine Versuche ein Nährsubstrat zu verwenden, dessen Zusammensetzung genau bekannt war. Zwar gedeiht das Bacterium phosphoreum besser auf einer Fleischsaftpeptongelatine, allein die Zusammensetzung des Fleischsaftes ist eine so komplizierte und wenig definierbare, daß ich es vorzog, das angegebene Nährsubstrat zu verwenden. Dasselbe enthält von organischen Substanzen Pepton, Zucker und Gelatine und von Mineralsalzen das, was notwendig war. Von Ca wurde abgesehen, da es sich nach meiner Untersuchung für niedere Pilze nicht als notwendig erwies[1]), Eisen[2]) war gewiß in Spuren als Verunreinigung vorhanden, das gleiche konnte auch von anderen Elementen wie Na, Ca angenommen werden. All diese und andere Verunreinigungen hätten dann störend gewirkt, wenn das Nährsubstrat für sich allein schon Gedeihen des Pilzes hervorgerufen hätte, das war aber nicht der Fall.

---

1) Molisch, H., Die mineralische Nahrung der Pilze. Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad. Bd. CIII. Abt. I. 1894. p. 554.

2) Ueber die Notwendigkeit des Eisens für Pilze vgl. mein Buch: Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892. p. 97.

Die erwähnte Nährgelatine wurde, nachdem sie mit entsprechenden Salzen, deren Einfluß auf Wachstum und Lichtentwickelung der Bakterie geprüft werden sollte, versetzt, wenn notwendig, wieder gleichmäßig stark alkalisch gemacht und für Strichkulturen hergerichtet.

Von jeder Art der Eprouvetten wurden je zwei dem Versuche unterworfen. Nach der Impfung stellte ich sämtliche Proberöhrchen in einem Zimmer bei etwa 13—16° C finster auf. Beginn des Versuchs am 14. Februar 1902.

Nährsubstrat	Bacterium phosphoreum						Anmerkung
	Datum						
	15. Februar		18. Februar		28. Februar		
	Entwickelung	Leuchten	Entwickelung	Leuchten	Entwickelung	Leuchten	
ohne Zusatz	keine	kein	fast keine	kein	sehr schwache	kein	
+ ClNa 3 %	gute	starkes	gute	starkes	gute	mäßig starkes	
+ ClK „	gute	sehr starkes	gute	sehr starkes	gute	starkes	
+ Cl_2Mg „	sehr gute	starkes	sehr gute	starkes	sehr gute	mäßig starkes	
+ Cl_2Ca „	schwache	schwaches	gute	mäßig starkes	gute	mäßig starkes	
+ JK ½ %	keine	keines	keine	keines	fast keine		
+ JK 1 %	keine	keines	schwache	?	schwache	?	In den JK-Lösungen waren Entwickelung u. Leuchten bei 3 % Zusatz am intensivsten
+ JK 2 %	mäßig	starkes	mäßig starke	starkes	mäßig starke	starkes	
+ JK 3 %	mäßig	starkes	mäßig starke	sehr starkes	sehr starke	starkes	
+ KNO_3 „	gute	sehr starkes	gute	sehr starkes	gute	starkes	
+ $MgSO_4$ „	sehr gute	kein	sehr gute	sehr schwaches	sehr gute	kein	
+ KSO_4 „	gute	starkes	sehr gute	starkes	sehr gute	mäßig starkes	
+ K_2HPO_4 „	keine	kein	fast keine	sehr schwaches	fast keine	kein	Der große Gehalt an Dikaliumphosphat bedingt eine schwache Verflüssigung der Gelatine
+ $MnSO_4$ „	keine	kein	keine	kein	keine	kein	

Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich für unsere Bakterie:

1. In dem Nährsubstrat von der angegebenen Zusammensetzung ohne weiteren Zusatz entwickelt sich das Bacterium fast gar nicht und dementsprechend ist auch die Lichtentwickelung eine äußerst schwache.

2. Nicht bloß das ClNa sondern alle versuchten Chloride (ClNa, ClK, $MgCl_2$, $CaCl_2$) ermöglichen Vermehrung und Lichtentwickelung, ClK ruft sogar noch stärkeres Leuchten hervor als ClNa.

3. Abgesehen von den Chloriden können auch andere Salze Wachstum und Leuchten veranlassen, so Kaliumnitrat, Jodkalium und Kaliumsulfat, ja ich habe sogar den Eindruck gewonnen, daß der Kalisalpeter ein stärkeres Leuchten bedingt als Chlorkalium.

4. In der Regel geht kräftige Vermehrung mit starker Lichtentwickelung Hand in Hand, das $MgSO_4$ bildet jedoch darin eine Ausnahme, denn dieses bedingt ein sehr starkes Wachstum, aber nur ein sehr schwaches Leuchten.

5. Der Reihenfolge nach leuchten am stärksten die Kulturen mit KNO_3 und ClK, sodann kommen die mit ClNa, JK und $MgCl_2$ und endlich die mit K_2SO_4. Kein oder fast kein Leuchten rufen hervor $MgSO_4$ und K_2HPO_4, $MnSO_4$ hemmt jede Entwickelung.

2. Versuche mit Bacillus photogenus Molisch.

Der Lichterreger des Schlachtviehfleisches, das Bacterium phosphoreum, ist kein mariner Pilz. Er liebt zwar Kochsalz, aber da er normal nicht auf Seetieren vorkommt, sondern auf dem Fleisch unserer Haustiere, so war es immerhin noch möglich, daß die behauptete Notwendigkeit des ClNa für photogene Meeresbakterien zu Recht besteht.

Ich machte daher mit einer Leuchtbakterie, Bacillus photogenus, den ich von Seefischen (Gobius Sozo etc.) aus dem Hafen von Triest rein abgezüchtet hatte, eine der eben mitgeteilten gleiche Versuchsreihe. Beginn derselben am 3. März 1902.

Nährsubstrat	Bacillus photogenus Molisch				Anmerkung
	Datum				
	7. März		9. März		
	Entwickelung	Leuchten	Entwickelung	Leuchten	
ohne Zusatz	keine	kein	keine	kein	
+ ClNa 3 %	sehr gute	starkes	sehr gute	starkes	
+ ClK „	„ „	„	„ „	mäßig starkes	9. März. Gelatine wird langsam verflüssigt[1])
+ Cl_2Mg „	„ „	„	„ „	mäßig starkes	
+ Cl_2Ca „	„ „	schwaches	„ „	starkes	
+ $MgSO_4$ „	„ „	mäßig starkes	„ „	sehr schwaches	
+ K_2SO_4 „	gute	mäßig starkes	gute	sehr schwaches	
+ K_2HPO_4 „	keine	kein	keine	kein	Das Phosphorsalz bedingt ein Herabfließen der Gelatine
+ JK ½ %	„	„	schwache	sehr schwaches	
+ JK 1 %	schwache	„	gute	kein	
+ JK 2 %	gute	schwaches	„	schwaches	
+ JK 3 %	„	„	„	„	
+ $MnSO_4$ „	sehr gute	„	sehr schwache	„	
+ KNO_3 „	„ „	„	sehr gute	„	9. März. Gelatine wird langsam verflüssigt

Es zeigte sich also auch hier, daß auf dem Stammsubstrat allein weder Wachstum noch Leuchten erfolgt, daß ein Zusatz von ClNa, wie zu erwarten war, Entwickelung und Lichterregung hervorruft, daß aber auch bei dieser photogenen Meeresbakterie das ClNa durch viele andere Salze vertreten werden kann. Alle verwendeten Chloride: ClNa, ClK, Cl_2Mg und Cl_2Ca, ferner auch Nicht-Chloride wie JK, K_2SO_4 und $MgSO_4$ ermöglichen Wachstum und Leuchten, wenn auch nicht immer in demselben Grade wie bei Bacterium phosphoreum. Während z. B. bei diesem KNO_3 die stärkste Lichtentwickelung bedingte, war das bei

1) Die Verflüssigung in den Eprouvetten mit ClK, K_2HPO_4 und KNO_3 zeigt deutlich, wie diese nicht bloß von der Bakterie sondern auch von der Zusammensetzung des Substrates und zwar hier von der Anwesenheit gewisser Salze abhängig ist.

Bacillus photogenus nicht der Fall, hier wirkte ClNa am besten, während KNO_3 in seiner Wirkung bei weitem bezüglich der Lichtentwickelung zurückstand.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte es scheinen, als ob das ClNa hier die Rolle eines Nährmittels spiele und daß dasselbe hier in seiner Bedeutung als Nährstoff durch andere Chloride, ja sogar durch Salze von ganz anderer Zusammensetzung ersetzt werden könne. Dies würde aber unseren bisherigen, auf Grund sorgfältiger Versuche gewonnenen Anschauungen widersprechen: „Alle hierher gehörigen Erfahrungen überschauend" — sagte ich seinerzeit in Rücksicht auf meine Ernährungsversuche mit Algen und Pilzen — „leugne ich zwar nicht die Möglichkeit, daß bei der Ernährung der Pflanze manche Elemente durch nahe verwandte partiell ersetzt werden können, ja ich konnte sogar dartun, daß bei gewissen Algen und bei höheren Phanerogamen Strontiumverbindungen Calciumverbindungen eine Zeitlang tatsächlich vertreten können, aber ich halte es nach dem derzeitigen Stand unseres Wissens für höchst unwahrscheinlich, daß ein Nährelement der Pflanze durch ein verwandtes vollends ersetzt zu werden vermag" [1]).

Die zur Stammlösung zugesetzten Salze spielen hier nicht die Rolle notwendiger Nährelemente, es geht dies meiner Ansicht nach schon aus der Tatsache hervor, daß in dem Stammsubstrat, obwohl sich darin $^1/_4$ g $MgSO_4$ pro Liter vorfindet, keine Entwickelung erfolgt, daß aber eine solche sich sofort einstellt, wenn 3 Proz. dieses Salzes zugesetzt werden. Bei den sehr kleinen quantitativen Ansprüchen auf Mineralsalze und speziell auf das Magnesiumsalz würde der Pilz sicher mit 0,025 Proz. sein Auslangen finden, wenn er daher erst nach Zusatz von 3 Proz. SO_4Mg wächst, so ist das wohl nicht so zu erklären, daß er so viel Salz zu seiner Ernährung bedarf, sondern wir sind auf Grund von Erfahrungen zur Annahme gezwungen, daß das Salz als osmotischer Faktor eine Rolle spielt, weil es das Nährsubstrat mit dem Zellinhalt der Bakterie mehr minder isosmotisch macht.

Das Bacterium phosphoreum lebt auf einem sehr aschereichen Substrat, auf Fleisch [2]) und dessen Saft, die Meeresbakterien leben gleichfalls in einem salzreichen Medium, nämlich im Meerwasser, das ja neben anderen Salzen für gewöhnlich etwa 2,7 Proz. ClNa enthält. Daher erscheint es begreiflich, daß Meeresalgen, in süßes Wasser ge-

---

1) Molisch, H., Die Ernährung der Algen (Süßwasseralgen, II. Abhandl.). Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad. Bd. CV. Abt. I. 1896. p. 16 des Sonderabdrucks.

2) Ueber den relativ großen Aschenreichtum des Muskelfleisches vergleiche die sorgfältige Arbeit von J. Katz, Die mineralischen Bestandteile des Muskelfleisches. Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. LXIII. 1896.

bracht, absterben, und daß Leuchtbakterien, die ja fast durchwegs Meeresbewohner sind, auf unserer Stammlösung ohne Salzzusatz nicht gedeihen. Die photogenen Bakterien haben sich eben an relativ salzreiche Medien angepaßt und die Salze, allen voran das Kochsalz, machen das Wasser isosmotisch mit dem Zellinhalt und ermöglichen so das Gedeihen. Dies ist der Grund, warum die Photobakterien des Meeres einen dem Meerwasser entsprechenden Kochsalzzusatz erheischen und warum dieser durch andere Salze von ganz verschiedener Zusammensetzung vertreten werden kann, wenn sie nur in solchen Mengen geboten werden, daß hierdurch das Nährsubstrat mit dem Zellinhalt isotonisch wird.

Schließlich sei erwähnt, daß es einige Leuchtbakterien gibt, die auch ohne Zusatz von Kochsalz zu den gewöhnlichen Nährsubstraten gedeihen und leuchten.

Kutscher[1]) hat an verschiedenen Vibriokulturen, die dem echten Choleravibrio sehr ähnlich waren, Leuchtvermögen konstatiert. Diese stammten teils aus dem Hamburger Leitungswasser, teils direkt aus der Elbe, teils aus dem Kot verschiedener normaler und erkrankter Personen. Hingegen konnte er an dem echten Choleravibrio niemals Lichtentwickelung beobachten. Entgegenstehende Beobachtungen dürften auf einer Verwechslung mit anderen Vibrionen beruhen[2]). Auffallend erscheint, daß hier zum ersten Male eine Leuchtbakterie aus süßem Wasser herausgezüchtet wurde. Wenn es auch bekannt ist, daß die Elbe bei Hamburg stark chlorhaltig ist, so ist doch der Chlornatriumgehalt im Vergleich zum Meere ein sehr niedriger, und es deutet dies darauf hin, daß es Leuchtbakterien gibt, die sich mit einem geringen Kochsalzgehalt begnügen oder vielleicht ohne dieses ihr Auslangen finden.

Ich habe mir, um darüber ins klare zu kommen, solche Bakterien (Vibrio Elvers u. V. Dunbar) verschafft und mit ihnen Versuche über das Salzbedürfnis gemacht.

Wenn sterilisierte, alkalisch gemachte Milch ohne Kochsalzzusatz mit Vibrio Elvers geimpft wird, so tritt nach etwa 5 Tagen Leuchten

---

1) Kutscher, Ein Beitrag zur Kenntnis der den Choleravibrionen ähnlichen Wasserbakterien. Centralbl. f. Bakt. Bd. XV. 1894. p. 44. Derselbe, Zur Phosphoreszenz der Elbvibrionen. Ebenda. Abt. I. Bd. XVIII. 1895. p. 424. Ueber solche Leuchtvibrionen berichten auch Dunbar (Die Differentialdiagnose zwischen den Choleravibrionen und anderen denselben nahestehenden Vibrionen. Zeitschr. f. Hygiene etc. Bd. XXI. 1896. p. 295) und Neumann und Orth (Versuche zum Nachweis choleraähnlicher Vibrionen in Flußläufen. Ebenda. p. 363).

2) Weleminsky, F., Die Ursachen des Leuchtens bei Choleravibrionen. Prager med. Wochenschr. 1895.

ein. Sowohl V. Elvers als V. Dunbar wachsen und leuchten auf meiner Nährgelatine, aber ohne jeden Zusatz von Chlornatrium. Setzt man 3 Proz. Kochsalz hinzu, so wachsen sie langsamer und leuchten nicht, ein Beweis, daß es auch Leuchtbakterien gibt, die zum Wachsen und Leuchten keines Kochsalzzusatzes bedürfen.

b) Temperatur.

Anschließend mögen hier noch einige Bemerkungen über Beziehungen zwischen Temperatur, Leuchten und Wachstum Platz finden.

Was zunächst die Leuchtbakterien anbelangt, so kann man wohl sagen, daß sie sich hierin sehr verschieden verhalten: daß die Photobakterien der Tropen höhere Temperaturen vorziehen, bei solchen wachsen und leuchten, daß hingegen die Leuchtbakterien der heimischen Flora gewöhnlich auf relativ niedrige Temperaturen gestimmt sind und bei niederer Temperatur intensiver und andauernder leuchten. Hohe Temperaturen in der Nähe der oberen Temperaturgrenze des Wachstums schädigen im allgemeinen das Leuchtvermögen, während niedrige Temperaturen ganz gut vertragen werden. Eijkman[1]) konstatierte, daß das von ihm auf den zu Batavia zu Markte kommenden Fischen aufgefundene Leuchtbacterium Pseudomonas javanica (Eijkman) Migula hohe Temperaturen liebt. Bei 10° C wachsen die Kulturen überhaupt nicht mehr. Ihr Wachstumsoptimum liegt bei 28—38°, Lichtentwickelung findet statt zwischen —20 und +45°, unter 10° und über 40° leuchtete sie schwach, am stärksten zwischen 25—33°.

Bei Photobacterium indicum Beijer. liegt nach Beijerinck das Optimum für Wachstum und Lichtproduktion bei 30—32°, bei Ph. luminosum Beijer., einer Bakterie der Nordsee, bei 25—28°[2]).

Bei Bacterium phosphorescens beobachtete Lehmann[3]) noch bei 0,1° durch mehrere Tage eine schwache Lichtentwickelung.

---

1) Eijkman, C., Lichtgevende Bacterien. Jaarverslag van het Laboratorium voor pathologische Anatomie en Bacteriologie te Weltevreden over het Jaar 1891. Overgedrukt uit het Geneeskundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië. Deel XXXII. Aflevering 4. Batavia en Noordwijk 1892. p. 109—115. Ein Referat darüber Centralbl. f. Bakt. etc. Bd. XII. 1892. p. 656—657.

2) Beijerinck, M. W., Le Photobacterium luminosum, bactérie lumineuse de la mer du nord. Archiv Néerlandaises. T. XXIII. 1889. p. 401—415.

3) Lehmann, K. B., Studien über Bacterium phosphorescens. Centralbl. f. Bakt. etc. Bd. V. 1889. No. 24.

Von Interesse sind die Beobachtungen Forsters[1]), der als erster zeigte, daß eine von ihm von Seefischen (Butten) abgezüchtete Leuchtbakterie bei 0—20° gleich gut leuchtet, von 32° an aufhört, Licht zu geben, und daß sie noch im Eisschranke bei 0° ganz gut zu wachsen vermag.

Bei Bacterium phosphoreum, das auf Fleisch in Eiskellern lebt, fand ich[2]) das Wachstumsminimum noch etwas unter Null, das Optimum bei etwa 16—18° und das Maximum bei etwa 28°. Eine Einwirkung der Temperatur von 30° durch 48 Stunden auf Gelatinekulturen tötet bereits die Bakterie. Lichtentwickelung beobachtete ich zwischen — 5 und 28°. Bei 5—20° ist die Lichtproduktion am stärksten.

Heller[3]) bemerkte bereits, daß das Leuchten seiner Sarcina, die ja nichts anderes als ein Sammelname für Leuchtbakterien war, selbst im Eise und zwar noch bei recht niederer Temperatur (— 14° R) fortdauerte.

In der Tat kann man sich mittels des Bacterium phosphoreum und anderer Leuchtbakterien leicht leuchtendes Eis verschaffen.

Nach den Versuchen Macfadyens und Rowlands[4]) stellen photogene Bakterien, wenn sie der Temperatur flüssiger Luft (— 172° bis — 190°) entweder 20 Stunden oder sogar eine Woche ausgesetzt werden, das Leuchten zwar ein, nach sorgfältigem Auftauen aber entwickeln sie sofort wieder ungeschwächt Licht. Werden sie hingegen bei so niederer Temperatur zerstört, so erlischt die Leuchtfähigkeit.

Das Mycelium x sah ich bei Kultur auf Brot zwischen — 1 und 34° C leuchten. Bei diesen Grenztemperaturen ist das Licht schwach, bei 36° erlischt es ganz, bei Zimmertemperatur (15—25° C) fand ich es am stärksten.

---

1) Forster, J., Ueber einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Centralbl. f. Bakt. etc. 1887. 1. Jahrg. Bd. II. p. 337. Derselbe, Ueber die Entwickelung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Ebenda. Bd. XII. 1892. p. 431.

2) Molisch, H., Ueber das Leuchten des Fleisches etc. l. c. p. 15.

3) Heller, F., l. c. p. 248.

4) Macfadyen, A. und Rowland, S., Proceedings Roy. Soc. of London. Vol. LXVI. 1900. p. 339 u. 488.

V.

Ernährung, Leuchten und Wachstum.

Ueber die Beziehungen zwischen Nährmittel, Luminiszenz und Wachstum der Bakterien verdanken wir Beijerinck umfassende und höchst interessante Untersuchungen[1]). Das Prinzip seiner Untersuchungsmethode bestand im wesentlichen darin, daß Photobakterien in großer Zahl mit einer ungenügend zusammengesetzten Nährmasse zusammengebracht wurden, die nur einige notwendige Nährstoffe enthielt, und durch Hinzufügen anderer wurde gezeigt, ob diese letzteren Leuchten und Wachstum hervorriefen. Derartige Versuche wurden mit Nährflüssigkeit oder mit Gelatinekulturen gemacht, die letzteren eignen sich besser, weil man mit ihrer Hilfe Wachstum und Luminiszenz gut beurteilen kann, während die Beurteilung der Vermehrung der Bakterien in einer Flüssigkeit auf Schwierigkeiten stößt. Beijerinck versieht die Gelatine, in der ein Nährstoff im Ueberfluß vorhanden ist, mit einer sehr großen Zahl von Bakterien und gießt auf Platten aus. Ausgebreitet in dünner Schicht, beginnt die Kultur alsbald intensiv zu leuchten. Aber nach einiger Zeit hört das Leuchten und das Wachstum auf, da der früher überschüssige Nährstoff nicht mehr in genügender Menge zur Verfügung steht. Bringt man nun auf die Gelatine jene Substanzen, deren Einfluß auf das Leuchten und Wachstum geprüft werden soll, so lösen sie sich und diffundieren in einem Kreisfeld nach allen Richtungen. Ist die zugefügte Substanz ein Lichtnährmittel, so

1) Beijerinck, M. W., Over lichtvoedsel en plastisch voedsel van Lichtbacteriën. Overgedruckt uit de Verslagen en Mededeelingen der K. Akad. van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde. 2de Reeks, Deel VII. 1890. p. 239—302. Derselbe, Sur l'aliment photogène et l'aliment plastique des bactéries lumineuses. Extrait des Archiv. Néerlandaises. T. XXIV. p. 369—442.

sieht man manchmal schon nach wenigen Sekunden das Diffusionsfeld aufleuchten. Ist das Nährmittel geeignet, Wachstum und Bakterienvermehrung zu unterhalten, so ruft es nicht bloß ein Lichtfeld, sondern auch ein Wachstumsfeld, ein „Auxanogram“ hervor, charakterisiert durch unzählige Bakterienkolonien, die sich im Diffusionsfeld viel stärker entwickeln als außerhalb desselben. Beijerinck nennt einen solchen Nährstoff einen „plastischen“. Ein Lichtstoff ist stets ein plastischer, aber nicht umgekehrt. Daraus folgt die wichtige Tatsache, daß die Lichtentwickelung bei den Leuchtbakterien weder an das Wachstum noch an die Atmung notwendig gebunden ist.

Photobacterium phosphorescens und Ph. Pflügeri besitzen nach Beijerinck das Vermögen, Glykose und Lävulose unter Entwickelung fast gleicher Mengen von Kohlensäure und Wasserstoff zu vergären. Dieses Vermögen ist gebunden an die Gegenwart von Pepton und Sauerstoff. Sowie der Sauerstoff verschwunden ist, hört die Gärung und die Lichtentwickelung auf, Wachstum soll aber noch ohne ihn von statten gehen.

Beijerinck benützte bei seinen auxanographischen Versuchen mit Ph. phosphorescens eine Fischabkochung im Meerwasser mit 1 Proz. Pepton und 2 Proz. Glyzerin. Hierin wachsen die Bakterien sehr gut, nach 2—3 Tagen bildet sich bei 15° C eine graulichgelbe Bakterienmasse, die sich in Meerwasser oder Gelatine leicht verteilen läßt. Glyzerin und Asparagin, der Fisch-Meerwasser-Pepton-Gelatine zugesetzt, fördern das Wachstum und es entsteht damit ein schön leuchtendes Material. Gut hergerichtete Bakterienfelder reagieren mit erstaunlicher Feinheit. Gewisse Substanzen, allen voran Lävulose und Glykose, machen das Terrain schon nach wenigen Sekunden aufleuchten. Die Photobakterien reagieren hier auf so minimale Quantitäten von Stoffen, daß Beijerinck in dieser Reaktion ein Analogon der Bunsenschen Flammenreaktion erblickt, ja in gewissem Sinne ist die Bakterienreaktion noch vorteilhafter, weil sie viel länger dauert.

Die mit Photobacterium phosphorescens und Ph. Pflügeri von Beijerinck durchgeführten Ernährungsversuche haben zunächst als Hauptresultat ergeben: Sowohl Wachstum als auch Lichtentwickelung erfordern die gleichzeitige Anwesenheit eines peptonartigen Körpers, der den notwendigen Stickstoff zu liefern hat, und noch einer kohlenstoffhaltigen Verbindung, die

nicht stickstofffrei zu sein braucht. Pepton allein für sich ermöglicht weder Leuchten noch Wachstum, und ebenso verhalten sich die Amide, die Ammoniaksalze der organischen Säuren, da ihr Stickstoff nicht assimilierbar ist. In Verbindung mit Pepton können alle genannten Stickstoffverbindungen Wachstum und Leuchten hervorrufen.

Während Photobacterium Fischeri und Ph. balticum sich im großen und ganzen ebenso verhalten, erfordern Ph. luminosum und Ph. indicum zu ihrer vollständigen Ernährung nur Pepton oder eiweißartige Körper, die sie mittels ihrer proteolytischen Enzyme zu peptonisieren vermögen. Beijerinck nennt sie daher Peptonbakterien, im Gegensatz zur vorhergehenden Gruppe, die er als Peptonkohlenstoffbakterien bezeichnet.

Wenn man den Peptonbakterien neben Pepton noch andere organische Körper zur Verfügung stellt, z. B. Rohrzucker, Milchzucker, Lävulose, Maltose oder Glykose, so schädigen sie, indem sie zur Produktion von Säuren Veranlassung geben und das Substrat sauer machen, sowohl das Wachstum als auch die Lichtproduktion. Aehnlich scheint Glyzerin zu wirken, während Asparagin, in kleinen Mengen zugesetzt, die Lichtentwickelung fördert.

Von Interesse erscheint, daß nach Beijerinck alle Leuchtnährstoffe mit Ausnahme des Peptons nach einiger Zeit ein Aufhören des Leuchtvermögens hervorrufen, da die Bakterien aus den assimilierbaren Lichtnährstoffen Säuren bilden. Stumpft man mit Soda ab, so tritt die Lichtentwickelung wieder auf.

Die zu den Peptonbakterien gehörigen Arten Photobacterium indicum und Ph. luminosum leuchten sehr gut bei Kultur in Meerwasser mit 1—2 Proz. Handelspepton oder in Fischextrakt mit $^1/_2$ Proz. Pepton. Beijerinck konnte, indem er zu den Kulturen von Photobacterium luminosum und Ph. indicum etwas Asparagin, Lävulose, Glykose oder Rohrzucker hinzufügte, eine erhebliche Steigerung der Luminiszenz erzielen, doch darf der Zusatz nur in kleinen Mengen (etwa $^1/_{10}$ Proz.) erfolgen.

Beijerinck hat in Verbindung mit Dr. Wijsman eine große Anzahl organischer Körper in ihrer Einwirkung auf Photobakterien geprüft und ist dabei zu sehr beachtenswerten Resultaten gelangt. Da das vorliegende Buch neben meinen eigenen Studien eine Zusammenfassung aller wichtigeren einschlägigen Erfahrungen geben soll, so will ich die Tabelle Beijerincks, die seine Ergebnisse übersichtlich vor Augen führt, hier wiedergeben.

Einwirkung verschiedener Stoffe auf das Leuchten und das Wachstum von Photobacterium phosphorescens.

	Leuchtstoffe Diffusionsfelder leuchtender als der Grund	**Wirkungslose Stoffe** Diffusionsfelder gleich dem Grund. Keine Wuchsfelder	**Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe** Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund. Keine Wuchsfelder
1. Kohlehydrate, Glykoside und Alkohole	Glykose Galaktose Lävulose Maltose Glyzerin	Stärke Inulin Glykogen Erythrogranulose Maltodextrin Leukodextrin Amylodextrin Arabinose Raffinose Rohrzucker Milchzucker Dulcit Mannit Quercit Erythrit Amylalkohol Aethylalkohol Glykol Amygdalin Arbutin	Sorbin
2. Organische Säuren u. ihre Salze (nicht aromatisch)	Milchsäure (sehr schwach) Calcium-, Natrium-, Kaliumlaktat (sehr schwach) Bernsteinsaurer Kalk Aepfelsäure Natriummalat Rechtsweinsaurer Kalk Linksweinsaurer Kalk Inaktives Ammoniumbimalat Magnesiumbimalat Glyzerinsäure Glyzerinsaurer Kalk	Zitronensäure Schleimsäure Oxalsäure Ammoniumoxalat Ammoniumbioxalat Glykolsäure Glykolsaurer Kalk Formiate Acetate Butyrate Weinsteinsäure Weinsteinsaurer Kalk Traubensäure Seignettesalz (links)	Weinsteinsaures Ammoniak Ameisensäure Essigsäure Propionsäure Buttersäure

	Leuchtstoffe Diffusionsfelder leuchtender als der Grund	**Wirkungslose Stoffe** Diffusionsfelder gleich dem Grund. Keine Wuchsfelder	**Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe** Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund. Keine Wuchsfelder
3. Amide und Verwandtes	Asparaginsäure Asparagin Alanin Glykosamin	Glykokoll Kreatin Sarcin Allantoïn Guanin Neurin Leucin Harnsäure (Urée) Alloxan Taurin	
4. Aromatische Körper		Lophin Hydrobenzamid Amarin Benzaldehyd Saligenin Gerbsäure Tyrosin Phlorogluzin Saccharin Chininsaurer Kalk Benzoësäure	Vanillin Hydrocinnamidsäure Resorcin Pyrogallol Salizylsäure
5. Eiweißstoffe		Kasein Globulin Fibrin Albumin	
6. Verschiedenartige Stoffe		Cholesterin Fett Aldehyd Aethylacetat	Trimethyloxyd Cyankalium Ferrocyankalium Aether Chloroform Schwefelkohlenstoff Schwefelwasserstoff Schwefelammonium

	Leuchtstoffe Diffusionsfelder leuchtender als der Grund	Wirkungslose Stoffe Diffusionsfelder gleich dem Grund. Keine Wuchsfelder	Lichtauslöschende und antiseptische Stoffe Diffusionsfelder dunkler als der leuchtende Grund. Keine Wuchsfelder
7. Enzyme		Maltase Dextrinase Ptyalin Diastase Pankreasdiastase Invertin Lactase Pepsin Trypsin	

Das photogene Vermögen der organischen Säuren ist, abgesehen von der Asparaginsäure, schwach oder Null, da sie das Substrat sauer machen und die Lichtbakterien Säuren nicht gut vertragen. Bemerkenswert ist ferner, daß Stoffe, wie Lophin, Amarin, Trimethyloxyd, Cholesterin und andere, welche nach Radziszewski unter bestimmten Bedingungen bei gewöhnlicher Temperatur selbst Licht entwickeln, auf das Leuchten der Bakterien keinen Einfluß nehmen. So verhalten sich auch die Fette, es sei dies hervorgehoben, weil oft behauptet wird, das Leuchten vieler Tiere beruhe auf der Oxydation von Fetten.

Anwendung der Leuchtbakterien zur Untersuchung von Enzymen etc.

Den Umstand, daß Photobacterium phosphorescens mit Maltose Licht gibt, Ph. Pflügeri aber nicht, benützt Beijerinck in geistreicher Weise zur Lösung schwieriger physiologisch-chemischer Fragen, die mit der gewöhnlichen chemischen Methode nicht lösbar sind. Er weist z. B. Spuren von Maltose bzw. von Diastase in folgender Weise nach. Er nimmt ein gut aufgekochtes Gemisch von Meerwasser mit 8 Proz. Gelatine, 1 Proz. Pepton und $^1/_4$ Proz. Kartoffelstärke. Zu einer Portion davon fügt er einen Ueberschuß von Ph. phosphorescens, zu einer anderen einen solchen von Ph. Pflügeri und erhält nach dem Erstarren gleichmäßig leuchtende Gelatineplatten, in welchen die Stärke, da diese Bakterien keine diastatischen Enzyme ausscheiden, unverändert bleibt. Bringt man nun auf die Platten verschiedene Diastasepräparate (Maltase, Pankreasdiastase, Ptyalin etc.), so diffundieren sie nach allen

Seiten, verzuckern die Stärke, und es erscheinen alsbald auf dem Photobacterium phosphorescens-Grunde stark leuchtende Flecken, denen später entprechende Wuchsfelder folgen, während auf dem Pflügeri-Grund davon nichts zu bemerken ist. Das Photobacterium phosphorescens zeigt demnach durch vermehrte Lichtproduktion die Gegenwart der Maltose bzw. von Diastase an.

Um die von Spaltpilzen und Hefepilzen ausgeschiedenen invertierenden Enzyme nachzuweisen, läßt Beijerinck auf mit Photobacterium phosphorescens besäter Seewassergelatine, die infolge von mangelnden Kohlenstoffverbindungen zu dunkeln beginnt, Diffusionsfelder von Rohrzucker, Raffinose und Milchzucker entstehen und bringt darauf Striche von Mikroben an. Sie bilden aus dem Zucker Invertzucker, und dieser macht die Diffusionsfelder aufleuchten. Wird derselbe Versuch mit Saccharomyces Kefyr, S. cerevisiae und S. ellipsoideus durchgeführt, so entstehen mit Kefyrhefe, weil sie ein invertierendes Enzym ausscheidet, in allen Zuckerfeldern Lichtfelder, hingegen bei Verwendung der beiden anderen Species zwar in dem Rohrzucker- und Raffinosegrund, nicht aber in dem vom Milchzucker, da ihr Invertin den Milchzucker nicht zu invertieren vermag.

Das Trypsin, bekanntlich das Eiweißferment des Pankreas, peptonisiert die Gelatine und macht daraus Leuchtstoffe. Viele Peptonbakterien und im speziellen die Pepton-Leuchtbakterien, wie z. B. Ph. indicum, wirken genau so, woraus Beijerinck schließt, daß diese Bakterien dasselbe oder ein nahverwandtes Enzym absondern.

Kulturen von Ph. indicum in Gelatine werden daher stark leuchtend, indem sie Trypsin ausscheiden, die Gelatine verflüssigen und daraus Leuchtstoffe erzeugen. Genau den gleichen Effekt erzielt man, wenn man der Kultur Trypsin hinzufügt.

Die Leuchtbakterien lassen sich, wie Ballner[1]) gezeigt hat, auch dazu verwenden, um zu zeigen, daß den Mikroorganismen durch Agglutination keine wesentliche Schädigung zugefügt wird. Ursprünglich faßte man die Agglutinine als bakterienschädigende Schutzstoffe auf, die für das Zustandekommen der Immunität von Bedeutung sind. Später aber wurde gezeigt, daß dem nicht so ist, und der genannte Forscher fügt einen neuen Beweis hinzu. Wenn er zu Aufschwemmungen von leuchtenden Vibrionen (Vibrio Rumpel) in physiologischen Kochsalzlösungen agglutinierendes Kaninchenserum in verschiedenen Mengen

---

1) Ballner, F., Ueber das Verhalten von Leuchtbakterien bei der Einwirkung von Agglutinationsserum und anästhesierenden chemischen Agentien etc. Centralbl. f. Bakt. etc. II. Abt. Bd. XIX. 1907. p. 572.

hinzufügte, so war ein Unterschied in der Leuchtfähigkeit der agglutinierten und nicht agglutinierten Proben nicht vorhanden. Beide leuchteten 10—12 Tage und erloschen dann gleichzeitig. Ballner schließt daraus, daß die Agglutininreaktion keine nachweisbare Schädigung der agglutinierten Bakterien nach sich zieht.

Hingegen erscheinen die Leuchtbakterien gegen gewisse chemische Agentien, denen wir narkotische Wirkungen zuschreiben, ungemein empfindlich. Aehnlich wie die Blätter der Mimosa pudica oder die Staubfäden von Berberis vulgaris durch Aether oder Chloroform narkotisiert werden, hierdurch in eine gewisse Starre geraten, in reiner Luft aber ihre Bewegungen wieder aufnehmen, so können auch bei Leuchtbakterien, wie Kenney[1]) und Ballner[2]) gefunden haben, gewisse Lebensfunktionen, z. B. die Leuchtfähigkeit, sistiert werden, ohne daß das Leben als solches vernichtet wird. Als Ballner Oberflächenkulturen von Leuchtbakterien in Petrischalen der Einwirkung von Aether- oder Chloroformdämpfen aussetzte, verschwand allmählich die Leuchtkraft, kehrte aber, wenn die Einwirkung nicht zu lange dauerte, beim Schwenken an der Luft wieder in wenigen Minuten zurück.

In höchst anschaulicher Weise konnte ich[3]) die narkotische Wirkung des Tabakrauches auf die lebende Substanz der Leuchtbakterien in folgender Weise demonstrieren. Ich nehme ein quadratisches Stück Filtrierpapier, dessen Seite etwa 7 cm lang ist, und gebe auf die Mitte 3 Tropfen einer stark leuchtenden Bouillon von Pseudomonas lucifera. Die Flüssigkeit breitet sich sofort in Form eines Kreises aus, der in der Dunkelkammer für ein dunkeladaptiertes Auge wie eine kleine Sonne leuchtet. Legt man nun das Papier in eine Petrischale, ohne daß es den Boden berührt, und bläst man, während man die obere Schale ein wenig schief abhebt, einen Zug Tabakrauch hinein, verschließt rasch und beobachtet im Finstern, so wird man bemerken, daß das Licht gewöhnlich binnen einer halben bis einer Minute völlig erlischt. Ein Kontrollpapier in reiner Luft leuchtet noch nach einer Stunde in ungeschwächter Kraft. Nimmt man das erloschene Papier aus der Rauchschale heraus und wirft es auf in einer Schale befindliches reines Meerwasser, so tritt das Licht nach etwa ein bis zwei Minuten wieder hervor. Dieser Versuch zeigt deutlich, nach welch kurzer Zeit schon in dem Bakterienleib unter dem Einfluß des Tabakrauches Störungen eintreten, die sich durch Verschwinden des Lichtes

1) Mc Kenney, l. c.

2) Ballner, l. c. p. 575.

3) Molisch, H., Ueber den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. I. Teil. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. CXX. 1911. I. Abt. p. 22.

deutlich kundgeben. Nach Entfernung der Rauchprodukte, in reiner Luft treten wieder normale Verhältnisse ein, und die Lichtentwickelung kehrt wieder zurück. Also auch beim Tabakrauch ganz dasselbe wie bei Aether und Chloroform, eine narkotische Wirkung.

Anschließend daran möchte ich eine Beobachtung hier mitteilen, die ich oft zu machen Gelegenheit hatte und die ohne Zweifel mit den von Beijerinck festgestellten Tatsachen im innigsten Zusammenhange steht. Eine Platte von Salzpeptongelatine mit sehr vielen dichtgelagerten Kolonien von Bacterium phosphoreum leuchtet in den ersten Tagen sehr stark, dann beginnt die Kultur wegen Mangels an Leuchtnahrung zu erlöschen. Oeffnet man jetzt die Schale auf einige Minuten, so daß Luftkeime hineinfallen, so entwickeln sich gewöhnlich in den folgenden Tagen kleine isolierte Räschen von Penicillium, Aspergillus und Kolonien verschiedener Bakterien. Im Finstern betrachtet, erscheint jeder Rasen und fast jede Kolonie samt ihrer nächsten Umgebung als ein intensives Lichtfeld auf dunklem Grunde. Penicillium und die anderen genannten Pilze peptonisieren die Gelatine und verändern damit das Substrat derart, daß Lichtnahrung entsteht, die in die Bakterien eindringt und hier Lichtentwickelung ermöglicht. Den Lichtfeldern folgen dann häufig Wuchsfelder. Also nicht bloß Spalt- und Hefepilze, sondern auch höhere Pilze vermögen die Leuchtkraft der Photobakterien zu beeinflussen, indem sie durch bestimmte Veränderungen des Substrates geeignete Bedingungen zum Leuchten schaffen.

Diese Angaben wurden später von Friedberger und Doepner[1]) bestätigt und durch Versuche vom neuen erhärtet. Sie konnten mit Aspergillus-Arten, Mucor stolonifer und Penicillium glaucum zeigen, daß diese Pilze die Leuchtkraft der Photobakterien erhöhen, teils dadurch, daß sie die Reaktion des Substrates alkalisch machen, teils dadurch, daß sie gewisse Stoffwechselprodukte ausscheiden, die die Lichtentwickelung fördern.

In diese Kategorie von Erscheinungen gehört wohl auch die Beobachtung Nadsons[2]), der zufolge Photobakterien sich in Mischkulturen mit anderen nicht leuchtenden Mikroorganismen, z. B. Photobacterium tuberosum mit Micrococcus candicans, bedeutend langsamer entwickeln als in Reinkulturen, dafür aber ihre Leuchtfähigkeit länger behalten.

---

1) Friedberger, E., und Doepner, H., Ueber den Einfluß von Schimmelpilzen auf die Lichtintensität in Leuchtbakterienkulturen etc. Centralbl. f. Bakt. etc. Abt. I. Bd. XLIII. 1907. p. 1.

2) Nadson, G. A., Zur Physiologie der Leuchtbakterien. Bull. Jard. Imp. Bot. Pétersbourg. T. VIII. 1908. p. 144.

Die Lichtentwickelung der Bakterien kann auch mit Vorteil verwendet werden, um Risse, Sprünge und größere Poren der aus Biskuit oder Infusorienerde erzeugten Bakterienfilter nachzuweisen. Nach Beijerinck[1]) vermögen Leuchtbakterien durch fehlerhafte Chamberlandsche Filterkerzen hindurchzuwachsen und sich außerhalb derselben auszubreiten. Er bezeichnet daher die Leuchtbakterien als ausgezeichnete Testobjekte zur Prüfung derartiger Filtriereinrichtungen.

---

1) Beijerinck, M. W., Nieuwe Rotterdamsche Courant. 1890; ref. Hygien. Rundschau. 1891. Bd. I. p. 209. Vgl. auch Molisch, H., Photogene Bakterien. Lafars Handb. d. techn. Mykologie. Bd. I. 1907. p. 639.

VI.

Ueber das Wesen des Leuchtprozesses bei den Pflanzen.

1. Das Leuchten beruht auf einer Oxydation.

Schon zu einer Zeit, da das Leuchten des faulen Holzes und toter Tiere noch gar nicht als biologischer Vorgang erkannt war, nahm man vielfach eine Beziehung zwischen der Lichtentwickelung und der atmosphärischen Luft an.

Bereits Boyle[1]) gibt an, daß leuchtende Fische im Vakuum der Luftpumpe erlöschen, bei Zutritt von Luft aber wieder zu leuchten beginnen.

Eine innige Beziehung zwischen Leuchten und atmosphärischer Luft nehmen auch Scherer und Ossiander[2]) an, ebenso spricht Gärtner[3]) zur selben Zeit die Meinung aus, daß die Lichtentwickelung des faulen Holzes und toter Fische mit dem Atmungsprozesse der Tiere Aehnlichkeit habe.

Bei Heinrich findet sich der aus Versuchen abgeleitete Satz: „Soll das Leuchten des Holzes von Anfang bis zu Ende seinen ordentlichen Gang halten, so ist Dasein und Erneuerung atmenbarer Luft schlechterdings notwendig.“ Und an anderer Stelle: „Das freiwillige Leuchten des Holzes ist ein äußerst schwaches und in einem Minimum atmenbarer Luft noch vor sich gehendes Verbrennen“[4]).

---

1) Bericht über Boyles Versuche aus den Philosoph. Transactions. Bd. II. 1667 in D. Lorenz Crells Chem. Archiv. Bd. I. p. 15 (1783).

2) Scherers Journal d. Chemie. 1799. p. 589.

3) Gärtner, D. C. F., Bemerkungen und Versuche über das leuchtende faule Holz in Scherers allgem. Journal. Bd. III. p. 27.

4) Heinrich, l. c. p. 336 u. 341.

Wird ein leuchtender Fisch auf einem gewöhnlichen Reibeisen zu einer feinen Masse verrieben und läßt man sie $^1/_2$ bis 1 Tag an der Luft ausgebreitet liegen, so wird sie in hohem Grade leuchtend. Verteilt man nun den Brei im Wasser, so kann man sich leicht überzeugen, daß beim Schütteln des Gefäßes die Intensität des Lichtes zunimmt. Er erscheinen bei diesem Versuche, den zuerst Heller[1]) gemacht hat, „helleuchtende Wellen ganz so, wie das Phänomen des Leuchtens des bewegten Meeres sich uns zeigt". Auffallenderweise meint Heller, daß die Bewegung als solche das Leuchten fördert, dem Sauerstoff schreibt er dabei eine mehr nebensächliche Rolle zu, da er beim Schütteln des Gefäßes keine Luftblasen durch die aufleuchtende Flüssigkeit treten sah.

Dagegen hat Pflüger[2]) durch Versuche dargetan, daß schon sehr kleine Mengen von Sauerstoff dazu ausreichen, um das Leuchten zu verstärken. Auch hat er gezeigt, daß der Versuch von Pfaff u. a., bei dem es gelang, Seewasser durch den elektrischen Strom leuchtend zu machen, im Grunde genommen durch den am positiven Metallpole entwickelten Sauerstoff seine Erklärung findet.

Die feinsten Versuche über die Abhängigkeit des Leuchtens vom Sauerstoff verdanken wir Beijerinck[3]). Er hat gezeigt, daß Photobacterium indicum und Ph. luminosum für Spuren von freiem Sauerstoff ein empfindlicheres Reagens abgeben als Natriumhydrosulfit oder Indigweiß, und er glaubt aus seinen Experimenten schließen zu können, daß der freie, dem Leuchtprozeß dienende Sauerstoff in der lebenden Substanz nicht einfach physikalisch gelöst sei, sondern mit dem Protoplasma eine Verbindung bildet, die sich im leeren Raume zu erhalten vermag.

Beijerinck konnte zeigen, daß nicht bloß intakte, chlorophyllhaltige Zellen und ebensolche Pflanzenteile Sauerstoff entbinden und hierdurch die photogenen Bakterien zum Aufleuchten veranlassen können, sondern daß auch einem grünen Filtrat von zerstampften grünen Blättern diese Fähigkeit zukommt. Die Blätter werden in einem Mörser zerrieben, mit destilliertem Wasser versetzt und filtriert. Hierdurch erhält man ein grünes Filtrat, in welchem die im Wasser löslichen Teile des lebenden Protoplasmas (in which are found that portion of the living protoplasm which is soluble in water) und viele Chlorophyllkörner

1) Heller, J. F., l. c. p. 130.

2) Pflüger, E., l. c. Bd. XI. p. 225—228.

3) Beijerinck, M. W., Les bactéries lumineuses dans leurs rapports avec l'oxygène. Extrait des Archives Néerlandaises. T. XXIII. p. 416—427 (1889). Vgl. auch Botan. Centralbl. Bd. XCVI. 1904. p. 298.

vorhanden sind. Wenn man nun diese grüne Flüssigkeit mit einer geeigneten Bouillonkultur leuchtender Bakterien in einer Eprouvette vermischt, so wird die Mischung im Finstern nach Verbrauch des vorhandenen Sauerstoffs dunkel. Sowie diese nunmehr nicht leuchtende Mischung nur für eine Minute oder länger dem vollen Sonnenlichte ausgesetzt wird, entsteht bereits so viel Sauerstoff, daß die Bakterien dann einige Minuten im Finstern weiter leuchten. Ja selbst das kaum eine Sekunde einwirkende Licht eines einzigen Zündhölzchens genügt, um das Wiederaufleuchten der Bakterien zu erzeugen. In der Tat ein glänzender Beweis, daß die physiologische Methode mit rein chemischen oder physikalischen Methoden zu wetteifern vermag!

Ich habe diese Leuchtbakterienmethode dann zur Prüfung der vor kurzem durch J. Friedel u. a. in Fluß gebrachten Frage nach der Kohlensäureassimilation außerhalb der Pflanze angewendet und die Resultate meiner Versuche in einer besonderen Abhandlung niedergelegt [1]).

Beijerinck verdanken wir auch den Nachweis, daß die Leuchtbakterien durch den geringsten, von Algenzellen ausgeschiedenen Sauerstoff zum Aufleuchten veranlaßt werden.

Beijerinck [2]) geht in der Weise vor, daß er Meeresdiatomeen oder andere Algen mit Leuchtbakterien in Gelatine (Meerwasser + 10 Proz. Gelatine) vermischt und zwischen zwei parallele Glasplatten bringt. Darauf wird weißes Licht oder ein Spektrum geworfen. Sowie auf die Gelatine wirksames Licht auffällt, leuchten die Bakterien an den Stellen der Sauerstoffentbindung auf.

Später hat der genannte Autor sich mit dieser Erscheinung noch eingehender beschäftigt und die Photobakterien geradezu als ein vorzügliches, an Empfindlichkeit wohl nichts zu wünschen übrig lassendes Mittel zur Untersuchung der Chlorophyllfunktion bzw. Sauerstoffentbindung benützt [3])

Daß das Aufleuchten von Bakterien bei plötzlichem Sauerstoffzufluß fast momentan erfolgt, davon habe ich mich oft überzeugt, wenn ich eine leuchtende Stichkultur von Bacterium phosphoreum lose in eine durch alkoholische Pyrogallussäure vollkommen sauerstofffreie Eprouvette brachte, wie sie zur Durchführung anaërober Bakterienkulturen verwendet

---

1) Molisch, H., Ueber Kohlensäure-Assimilationsversuche mittels der Leuchtbakterienmethode. Bot. Zeitg. 1904.

2) Beijerinck, M. W., Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Botan. Zeitg. 1890. p. 744.

3) Derselbe, Photobacteria as a reactive in the investigation of the chlorophyll-function. Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Juni 26. 1901.

wird. Nach einiger Zeit, sowie die letzten Spuren von Sauerstoff verbraucht sind, erlischt das Bakterienlicht. In dem Momente, da man die Eprouvette öffnet, erscheint es wieder.

In einer noch viel einfacheren und eleganteren Form pflege ich die Bedeutung des Sauerstoffs für die Lichtentwickelung in folgender Weise in meinen Vorlesungen zu demonstrieren. Eine 1—1½ m lange und etwa 8 mm breite, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre wird mit stark leuchtender Bouillon (gemischt mit Bacterium phosphoreum) nahezu ganz gefüllt, so daß an der oberen Oeffnung nur ein ½—1 cm langes Stück, mit Luft versehen, übrig bleibt. Läßt man nun eine so vorbereitete Röhre eine Viertelstunde stehen, so erlischt, da die Bakterien den Sauerstoff veratmen, die Bouillon mit Ausnahme des Meniskus, wo der Sauerstoff die Bakterien unmittelbar erreicht. Verschließt man jetzt die Röhre mit dem Daumen und kehrt sie um, so steigt die Luft in Form einer Blase auf und macht die ganze Bouillon wieder leuchtend, man glaubt im Finstern eine langsam aufsteigende Leuchtrakete zu sehen. Stellt man die Röhre dann wieder ruhig hin, so erlischt binnen ¼ Stunde oder noch früher die Bouillon, und der Versuch kann dann von neuem wiederholt und die Bouillon neuerdings leuchtend gemacht werden.

Das stärkere Aufleuchten von Bouillon- und Milchbakterienkulturen bei plötzlichem Schütteln beruht gleichfalls auf dem Eintritt von Sauerstoff in die tieferen Partien der Flüssigkeit.

Nach all dem Gesagten kann wohl an der strengen Abhängigkeit der Lichtentwickelung von freiem Sauerstoff nicht gezweifelt werden, das Leuchten beruht eben auf einem durch den freien atmosphärischen Sauerstoff hervorgerufenen Oxydationsprozeß.

2. Leuchten und Atmung.

In botanischen Kreisen wird fast allgemein angenommen, daß zwischen der Phosphoreszenz der Pilze und der Atmung eine direkte Beziehung, also ein unmittelbarer Zusammenhang bestehe. Nicht etwa so wie beim Wachstum, der Assimilation und anderen Lebenserscheinungen, die gleichfalls nur stattfinden, wenn die Pflanze atmet, wo aber nur indirekte Beziehungen vermutet werden. So spricht Sachs, um nur einen der bedeutendsten Physiologen zu nennen, von der Phosphoreszenz als notwendiger Folge der Atmung und von Phosphoreszenz durch Atmung[1]).

---

1) Sachs, J., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Leipzig 1887. p. 397 u. 875.

Sachs stützt sich hauptsächlich auf eine Beobachtung von Fabre, welcher gefunden hat, daß der leuchtende Hut von Agaricus olearius samt Lamellen in reinem Sauerstoff bei 12° C binnen 36 Stunden für 1 g seines Gewichtes 4,41 ccm CO_2 erzeugte, während 1 g nicht leuchtender Substanz unter ähnlichen Verhältnissen 2,88 ccm CO_2 lieferte. Als aber Fabre ein leuchtendes Stück des Pilzes niederer Temperatur aussetzte, wo das Leuchten aufhörte, und auf die Atmungsintensität prüfte, gab 1 g desselben in 44 Stunden nur 2,64 ccm, das Kontrollstück, welches überhaupt nicht leuchtete, 2,57 ccm CO_2. Es hatte also in diesem Falle die leuchtende Substanz, als sie verhindert wurde, zu leuchten, nur mehr so viel CO_2 abgegeben, als die überhaupt nicht leuchtende. Auf Grund seiner Arbeit kam Fabre zu dem Schlusse: Die Phosphoreszenz ist die Wirkung der Respirationstätigkeit des Pilzes und hängt von derselben Ursache ab, wie die Selbsterwärmung zur Zeit des Blühens bei gewissen Teilen der Phanerogamen, besonders bei Aroideen[1]).

Die Versuche Fabres beweisen meiner Meinung nach zunächst nur, daß das Leuchten hier an die Bedingungen des Lebens geknüpft ist, insbesondere an die Gegenwart des freien Sauerstoffes. Um von einer Phosphoreszenz durch Atmung zu sprechen, müssen doch mehr einschlägige Versuche und Erfahrungen vorliegen, denn die Mehrproduktion der CO_2 bei dem leuchtenden Stück könnte auf Individualität beruhen oder, was ich für wahrscheinlicher halten möchte, auf dem Umstande, daß die Lichtentwickelung an jungen, lebhaft wachsenden Teilen sich zeigt, die überhaupt intensiver atmen als ausgewachsene.

Inzwischen haben sich seit den Untersuchungen Fabres unsere Kenntnisse über die Lichtentwickelung der Pflanze wesentlich vermehrt, und diese mahnen jedenfalls zur Vorsicht bei der Beurteilung des Phosphoreszierens in seiner Beziehung zur Respiration.

Zunächst möchte ich darauf hinweisen, daß Leuchtbakterien ihre Fähigkeit zu leuchten bei der Zucht im Laboratorium häufig mit der Zeit einbüßen. „Schon Ludwig nahm wahr, daß die Leuchtbakterien sehr wohl ohne Lichtentwickelung zu züchten sind, und seitdem diese interessanten Wesen regelmäßig in den bakteriologischen Instituten gezüchtet werden, wird mancher sehr gegen seine Wünsche dieselbe Beobachtung gemacht haben“ [2]).

Ich habe seinerzeit von Kral in Prag den Micrococcus Pflügeri bezogen und mich überzeugt, daß derselbe sein Leuchtvermögen inzwischen fast total oder total eingebüßt hat. Er wächst, er atmet, er leuchtet aber nicht. — Dank der Untersuchungen von Beijerinck

1) Sachs, J., l. c. p. 398.
2) Migula, W., l. c. p. 339.

wissen wir, daß das Leuchten häufig nur unter ganz bestimmten Ernährungs- und Temperaturverhältnissen erfolgt, daß also Leuchtbakterien leben, wachsen und atmen können, ohne zu leuchten. McKenney hat gezeigt, daß Photobakterien unter dem gelinden Einfluß von Aetherdämpfen zwar nicht mehr leuchten aber noch wachsen [1]).

Gelegentlich meiner Beobachtungen über den Einfluß verschiedener Mineralsalze auf das Leuchten des Bacterium phosphoreum habe ich gefunden, daß dieses bei einem Zusatz von 3 Proz. Magnesiumsulfat zu einem bestimmten Nährsubstrat sich ausgezeichnet entwickelt, aber gar nicht oder fast gar nicht leuchtet.

Die Atmungsintensität der Pflanze steht in bestimmter Beziehung zur Temperatur, in dem Sinne, daß mit steigender Temperatur auch die Atmungsenergie steigt. Im Gegensatz zu anderen physiologischen Prozessen besteht die Temperaturatmungskurve nicht aus einem aufsteigenden und aus einem absteigenden Ast, sondern nur aus einem aufsteigenden, mit anderen Worten: je höher die Temperatur desto intensiver die Atmung. Würde ein so inniger Zusammenhang zwischen der Atmung und der Phosphoreszenz bestehen, wie von Sachs und anderen angenommen wird, dann sollte man von vornherein vermuten, daß bei hoher Temperatur auch die Lichtentwickelung zunehme. Es ist aber das Gegenteil der Fall. Denn man kann im allgemeinen sagen, daß die photogenen Bakterien unseres Klimas bei relativ niederen Temperaturen besser und andauernder leuchten und schon weit unter der oberen Temperaturgrenze des Lebens in ihrer Phosphoreszenz nachlassen.

Die Farbstoffbildung bei den Bakterien und die Phosphoreszenz derselben bietet manche Analogie dar. Mit wenigen Ausnahmen bilden alle chromogenen Bakterien ihren Farbstoff nur bei Zutritt von Sauerstoff. Es läßt sich dies ohne weiteres im Stichkanal nachweisen. Soweit der Kanal für Luft zugänglich ist, entsteht der Farbstoff, die im Kanal tiefer liegenden Bakterien hingegen wachsen farblos. So wie der Bacillus prodigiosus in der Gelatineplatte bei oberflächlichem Wachstum Farbstoff produziert, in der Tiefe aber farblose Kolonien bildet, so leuchten auch die Leuchtbakterien nur an der dem Sauerstoff zugänglichen Oberfläche, in tieferen Regionen aber nicht.

Aehnliche Beziehungen, wie sie die photogenen Bakterien zwischen der Temperatur und der Lichtentwickelung erkennen lassen, kann man auch bei chromogenen Bakterien zwischen der Temperatur und der Farbstoffproduktion beobachten. Der Bacillus prodigiosus, B. Kiliensis, B.

1) McKenney, R., Observations of the conditions of lightproduction in luminous bacteria. Proceedings of the Biological Society of Washington. Vol. XV. 1902. p. 213.

indicus, B. ruber und andere produzieren bekanntlich bei höherer Temperatur wenig oder gar keinen Farbstoff, ja man kann nach Schottelius[1]) durch fortgesetzte Züchtung bei Bruttemperatur farblose Rassen erzielen, die dann auch bei niederer Temperatur sich farblos entwickeln.

Bei der Farbstoffproduktion hat man es ebenso wie bei der Lichtentwickelung mit einer Oxydationserscheinung zu tun; während man aber bei der Phosphoreszenz gleich an eine direkte Abhängigkeit von der Atmung dachte, war das bei der Farbstoffbildung, wo doch die Verhältnisse analog liegen, nicht der Fall.

Der Atmungsprozeß bietet uns einen Komplex einer ganzen Kette von Erscheinungen dar, von denen wir im wesentlichen nur den Anfang, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff und das Ende dieser Kette, die Abgabe der CO_2 kennen. Neben der Atmung spielen sich in der Pflanze wie im Tier noch andere Oxydationserscheinungen ab, die direkt mit der Atmung nichts zu tun haben, und zu diesen Erscheinungen könnte auch die Phosphoreszenz oder die Farbstoffbildung gehören.

In der Zelle können sich verschiedene Oxydationsprozesse abspielen, und ich bin derselben Meinung wie Pfeffer, wenn er sagt: „Es muß deshalb auch fraglich bleiben, ob alle die mit Sauerstoffeingriff resp. mit Kohlensäureproduktion verknüpften Prozesse der Atmung zuzugesellen sind, wenn man sich dahin einigt, unter dieser die speziell für die allgemeine Betriebstätigkeit des Organismus unentbehrlichen Oxydationsprozesse zu verstehen. Da indes zurzeit sogar der Nachweis, geschweige denn die funktionelle Trennung solcher möglichen verschiedenen Prozesse nicht gelungen ist, so muß man bis auf weiteres Kohlensäureproduktion und Sauerstoffkonsum als Maßstab für die Atmungstätigkeit nehmen“ [2]).

Bezüglich der Lichtentwickelung hat aber meiner Meinung nach noch niemand den Nachweis gebracht, daß der durch das Leuchten gegebene Verbrennungsprozeß auch zu einer Kohlensäureproduktion führt, und ich wüßte auch nicht gut anzugeben, wie man in exakter Weise derzeit einen solchen Nachweis erbringen könnte. Denn daß die einschlägigen, bereits früher erwähnten Versuche Fabres weit entfernt sind, uns darüber aufzuklären, habe ich schon betont.

Wir haben demnach vorläufig keinen zwingenden Grund, von einer direkten Beziehung zwischen Pflanzenatmung und Phosphoreszenz,

---

1) Schottelius, Biolog. Untersuchungen über den Micrococcus prodigiosus. Festschr. f. A. Koelliker. Leipzig 1887.

2) Pfeffer, W., Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. Abhandl. d. math.-phys. Klasse d. K. sächs. Gesellsch. d. Wiss. Bd. XV. Jahrg. 1889. No. 5. p. 483.

geschweige denn von einer Phosphoreszenz durch Atmung zu sprechen, wenn auch zweifellos das Leuchten der Pflanze von freiem Sauerstoff ganz abhängig ist und der Experimentator es ganz in seiner Hand hat, durch Zufuhr von Sauerstoff den Leuchtpilz leuchten oder erlöschen zu machen.

Auch im Tierreiche ist kein einziger Fall bekannt, der einen Beweis für einen direkten Zusammenhang zwischen Atmung und Lichtentwickelung abgeben würde [1]).

3. Zur Theorie des Leuchtens.

Je weiter unsere Kenntnisse über die Luminiszenz fortschreiten, desto mehr gewinnt die Ansicht an Wahrscheinlichkeit, daß in den leuchtenden Zellen ein Stoff gebildet wird, der im Kontakt mit freiem Sauerstoff zu leuchten vermag. Dieser leuchtende hypothetische Stoff sei im folgenden kurz Photogen genannt.

Die früher so häufig geäußerte Ansicht, daß das Licht der Organismen von entstehendem Phosphor oder von einer Phosphorwasserstoffverbindung herrühre, hat nur mehr geschichtliches Interesse.

Gegen die alte Ansicht, daß bei der Zersetzung organischer Stoffe Phosphor entstehe und dieser das Leuchten bedinge, wandte sich auch Phipson [2]). Er bemühte sich zu zeigen, daß die Phosphoreszenz der Fische nicht auf einer Entwickelung von Phosphor beruhe und auch nicht auf der Tätigkeit kleiner Organismen. Er bemerkte zwar in dem leuchtenden, die toten Fische überziehenden Schleim kleine runde Kügelchen, die er für Pilzsporen hielt, war aber doch der Meinung, daß es sich hier nicht um leuchtende Organismen handle, sondern daß die Lichtentwickelung von einem organischen Körper ausgehe, welcher zum Sauerstoff eine ähnliche Affinität habe wie der Phosphor.

In einer zweiten Abhandlung [3]) tritt Phipson dieser leuchtenden Substanz noch näher und bezeichnet sie als Noctilucin. Dieser Körper sei im Reiche der Organismen sehr verbreitet, er sei die Ursache der Phosphoreszenz toter Fische, des Fleisches toter Tiere, er werde auch abgesondert von leuchtenden Würmern, den Skolopendern und wahrscheinlich von allen Tieren und Pflanzen, welche im Finstern zu leuchten imstande sind. Der Verfasser gibt eine ausführliche Beschreibung seines Noctilucins, von deren Wiedergabe ich wohl absehen darf, da der ganzen Abhandlung nur mehr ein historisches Interesse zu-

1) Mangold, E., l. c. p. 355.

2) Phipson, M. T. L., Sur la matière phosphorescente de la raie. Comptes rendus. T. LI. 1860. p. 541—542.

3) Derselbe, Sur la noctilucine. Ebenda. T. LXXV. 1872. p. 547—549.

kommt. Es wird genügen, wenn ich bemerke, daß Phipson den leuchtenden Schleim der Fische und des Schlachtviehfleisches Noctilucin nennt, dieses also nichts anderes darstellt, als die leuchtenden Bakterien selbst, und zwar noch verunreinigt mit verschiedenen Arten nicht leuchtender Mikroben und allen jenen organischen und anorganischen Körpern, welche die schleimige Oberfläche des in Zersetzung begriffenen Fleisches zusammensetzen.

Davon, daß Phipson einen Leuchtstoff aus leuchtenden Organismen dargestellt hätte, kann gar keine Rede sein, Phipsons Noctilucin ist kein chemisches Individuum, sondern stellt vom Standpunkte unserer heutigen Erfahrungen, insbesondere der Bakteriologie z. B. mit Rücksicht auf die Phosphoreszenz der Fische und des Fleisches Massen von Leuchtbakterien dar, vermengt mit verschiedenen anderen Schizomyceten und Substanzen.

Ich hebe dies besonders hervor, weil in der Literatur die Sache oft so dargestellt wird, als ob Phipsons Noctilucin ein Körper, ein chemisches Individuum wäre, das er für sich dargestellt hätte.

In neuerer Zeit haben sich namentlich E. Pflüger, Radziszewski, Dubois, F. Ludwig, Katz[1]), Tollhausen[2]), Lehmann[3]), Beijerinck, Mc Kenney[4]) und Nadson[5]) mit dem Wesen des Leuchtprozesses beschäftigt.

Eine wichtige Stütze dafür, daß in leuchtenden Lebewesen ein Leuchtstoff gebildet werde, brachte Radziszewski[6]), indem er zeigte, daß verschiedene organische Körper, wenn sie sich in alkalischer Reaktion mit aktivem Sauerstoff chemisch verbinden, leuchten. Hierzu gehören: Methylaldehyd, sogenanntes Dioxymethylen, Paraldehyd, Metaldehyd, Acroleïn, Disacryl, Traubenzucker, Aldehydammoniak, Acrylammoniak, Hydrobenzamid, Lophin, Hydroanisamid, Anisidin, Hydro-

---

1) Katz, O., Zur Kenntnis der Leuchtbakterien. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde. Bd. IX. 1891. p. 315.

2) Tollhausen, P., Untersuchungen über Bacterium phosphorescens Fischer. Inaug.-Diss. Würzburg 1889.

3) Lehmann, K. B., Studien über Bacterium phosphorescens Fischer. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde. Bd. V. 1889. p. 785.

4) Mc Kenney, B., Observations on the conditions of light production in luminous Bacteria. Proceedings of the Biol. Soc. of Washington. 1902. Vol. XV. p. 213—234.

5) Nadson, G., Sur la phosphorescence des bactéries. St. Petersburg 1903. Separatabdruck.

6) Radziszewski, B., Ueber das Leuchten des Lophins. Berichte d. Deutsch. chem. Ges. X. 70. Derselbe, Ueber die Phosphoreszenz der organischen und organisierten Körper. Liebigs Annalen d. Chemie. Bd. CCIII. 1880. p. 305.

cuminamid, Hydrocinnamid und andere. Nach dem genannten Forscher kommt auch vielen ätherischen Oelen die Eigenschaft des Leuchtens zu, so dem Terpentin-, Zitronen-, Bergamotten-, Cajeput-, Lavendel-, Rosmarin-, Pfefferminz-, Rosen-, Kümmel-, Anis-, Kalmus-, Geranium-, Dill-, Nelken-, Cascarillen- und Pinöl. Ferner kommt sie auch gewissen Kohlenwasserstoffen zu, falls sie in nicht ganz gefüllten Gefäßen der Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt waren und mit Natriumhydroxyd erwärmt und geschüttelt werden. Auch die Fettkörper, besonders aber die fetten Oele und ihre einzelnen Bestandteile leuchten in alkalischer Reaktion, z. B. die Oelsäure, die Rizinusölsäure und deren Salze. Analog verhalten sich gewisse Alkohole, die mehr als vier Kohlenstoffatome im Molekül besitzen, und die Taurochol-, Glykochol- und Cholsäure wie auch das Protagon (Lecithin, Cerebrin). Da nun das Aussehen des Lichtes und seine spektrale Zusammensetzung bei den angeführten Verbindungen und den leuchtenden Lebewesen Aehnlichkeiten aufweisen; da sich unter den von Radziszewski aufgefundenen leuchtenden Verbindungen auch solche vorfinden, welche in Lebewesen auftreten[1]) — man denke an Lecithin, Fette, Cholesterin, ätherische Oele, Traubenzucker und andere — so gelangt der genannte Forscher zur Ueberzeugung, daß auch bei den Lebewesen die Lichtentwickelung auf einer Oxydation solcher Verbindungen beruhe. Zwar könne nicht angenommen werden, daß innerhalb des Organismus die alkalische Reaktion von einer Anhäufung anorganischer Basen wie Kali, Natron oder Kalk bewerkstelligt werde, und eine solche Annahme sei auch überflüssig, da auch gewisse organische Basen (Cholin, Neurin) selbst in geringen Mengen dasselbe zu leisten vermögen wie etwa Stücke von Kaliumhydroxyd.

Es hat sich übrigens herausgestellt, daß viel mehr organische Substanzen Chemilumineszenz zeigen, als man gedacht hat. Ja Trautz, dem wir eine wertvolle Arbeit[2]) über Chemilumineszenz verdanken, kommt auf Grund zahlreicher Versuche zu dem Schlusse, daß fast alle organischen Körper, die unterhalb 400° C oxydierbar sind, unterhalb dieser Temperatur bei ihrer Oxydation leuchten. Es handelt sich aber nach Trautz hier nicht so sehr um leuchtende Stoffe sondern um leuchtende Vorgänge. Es ist also der Vorgang der Reaktion, der das Licht erzeugt. So könnte sich auch die Sache bei der Chemilumines-

---

1) Dubois, R., zeigte, daß auch Aesculin in alkoholischem Kaliumhydroxyd leuchtet. Compt. rend. T. CXXXII. 1901. p. 431.

2) Trautz, M., Studien über Chemilumineszenz. Zeitschr. f. physikal. Chemie. Bd. LIII. 1905. p. 1.

zenz der Pflanze oder des Tieres verhalten. P. Schorigin[1]) hat eine Mischung ausfindig gemacht, die sehr schönes Leuchten zeigt:

35 ccm Kaliumkarbonatlösung (wässerig 50-proz.),
35 ccm Pyrogallollösung (wässerig 10-proz.),
35 ccm Formaldehyd (ca. 35-proz.), kalt gemischt, dazu
5,0 ccm 30-proz. Wasserstoffsuperoxyd rasch zugefügt.

Es entsteht ein glühend rötlicher Schein.

Weitlaner[2]) hat entdeckt, daß sogar eine wässerige Auflösung von Humus bei Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd und doppeltkohlensaurem Natron sehr deutlich leuchtet.

Ob Radziszewski recht oder unrecht hat, wäre mit einem Schlage bewiesen, wenn es gelänge, eine photogene Substanz aus leuchtenden Organismen zu isolieren und außerhalb der Zelle zum Leuchten zu bringen. Dies ist aber bisher nicht möglich gewesen. Auch trifft für die lebende Zelle auch eine Voraussetzung nicht zu, die Radziszewski machen muß: seine Leuchtkörper leuchten nur im Kontakt mit aktivem Sauerstoff, solcher ist aber bekanntlich, wie wir auf Grund der Untersuchungen von Pfeffer[3]) wissen, in der intakten Zelle nicht nachweisbar. Wenn ich daher auch nicht so weit gehen möchte wie Radziszewski, der die Frage über die Ursachen und Bedingungen der Lumineszenz nicht nur der organischen sondern auch der organisierten Körper durch seine Untersuchungen als gelöst betrachtet, so möchte ich doch hervorheben, daß seine Erklärung noch die am besten begründete ist von allen, die man bisher aufgestellt hat, und daß die über das Leuchten bekannten Tatsachen sich mit der Annahme eines Photogens in der Zelle gut vereinigen lassen. Ueber die Natur des Photogens wissen wir freilich bisher nichts, möglicherweise ist es gar keine von den Radziszewskischen Substanzen, wahrscheinlich ein Körper, der auch ohne Gegenwart von aktivem Sauerstoff zu leuchten vermag.

Für die Annahme eines Photogens spricht auch die Tatsache, daß manche Tiere ein Sekret ausscheiden, welches außerhalb der Gewebe und Zellen leuchtet. Das ist bekanntlich bei Pholas dactylus L., der Bohrmuschel, der Fall. Wenn man den Sipho dieses an den Küsten des Mittelmeeres aber auch sonst verbreiteten Tieres mechanisch reizt,

---

1) Trautz, M. und Schorigin, P., Ueber Chemilumineszenz. Zeitschr. f. wissenschaftl. Photographie etc. Bd. III. 1905. p. 121.

2) Weitlaner, F., Weiteres vom Johanniskäferlicht und vom Organismenleuchten überhaupt etc. Verhandl. d. k. k. zoolog.-botan. Ges. Wien. Bd. LXI. 1911. p. 192.

3) Pfeffer, W., Beitrag zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. l. c.

so wird er rasch zurückgezogen, und gleichzeitig spritzt das Tier eine klare Flüssigkeit aus, die im Finstern leuchtet, sich im Wasser wolken- und schlierenartig verteilt und dem staunenden Beobachter ein herrliches Schauspiel darbietet.

Dubois, der sich viele Mühe gegeben hat, den Leuchtprozeß aufzuklären, hat ursprünglich gemeint, daß bei Pholas eine Symbiose mit Leuchtbakterien vorliege, und daß in dieser Muschel ein Stoff, Luciferin genannt, vorhanden sei, der an und für sich nicht leuchtet, aber durch die fermentartigen Eigenschaften der Leuchtbakterien zum Leuchten gebracht werde [1]).

Analoges wurde auch für Pelagia noctiluca behauptet.

Es wäre an der Zeit, daß dieses Märchen, das selbst in den neuesten Büchern und Schriften immer wieder von neuem aufgetischt wird, endlich einmal aus der Literatur verschwinden würde, da Dubois seine erwähnten Behauptungen bereits vor mehreren Jahren selbst zurückgenommen und als irrtümlich hingestellt hat [2]).

Man kann sich leicht ziemlich viel von dem leuchtenden Sekret der Bohrmuschel verschaffen, wenn man sie, ohne den Sipho zu berühren, rasch aus dem Wasser herausnimmt und die Oeffnung des Sipho über die Mündung einer Eprouvette hält. Das Tier spritzt dann eine ziemliche Menge der leuchtenden Flüssigkeit aus, und wenn man denselben Versuch mit mehreren Tieren rasch hintereinander macht, so kann man leicht eine ganze Eprouvette voll von dem Leuchtsekret sammeln. Ich habe solche Versuche sehr häufig mit Tieren, die aus dem Hafen von Triest stammten und mir nach Prag zugesandt wurden, wo sie sich in Aquarien oft monatelang am Leben erhielten, gemacht. Vermischt man die frische leuchtende Flüssigkeit mit Salzpeptongelatine und gießt in Petrischalen aus, so erhält man, neben einem Heer verschiedenartiger, mitunter auch einzelne, leuchtende Bakterienkolonien, allein dies ist nichts Besonderes, da ja bekanntlich an den meisten Seetieren photogene Bakterien haften. Häufig gelang es überhaupt nicht, aus dem Leuchtsekret Leuchtbakterien herauszuzüchten, wie es denn überhaupt nach meinen Erfahrungen keinem Zweifel unterliegen kann, daß das Leuchten von Pholas mit einer Symbiose nichts zu tun hat, sondern daß die Bohrmuschel wie viele andere Tiere für sich allein Licht zu entwickeln vermag.

---

1) Dubois, R., Sur le rôle de la symbiose chez certains animaux marins lumineux. Compt. rend. T. CVII. 1888. p. 502—504. Derselbe, Nouvelles recherches sur la production de la lumière par les animaux et les végétaux. Compt. rend. T. CXI. 1890. p. 363—366.

2) Derselbe, Leçons de physiologie etc. Paris 1898. p. 451.

Im Anschluß möchte ich hier einen Versuch erwähnen, den Dubois zuerst gemacht und der ihn zu einer neuen Anschauung über das Leuchten der Lebewesen geführt hat.

Er kratzt mit einem Messer die innere Wand des Sipho von lebenden Pholaden ab, zermalmt rasch den erhaltenen Brei in Sand und 90-proz. Alkohol und läßt das Ganze in einem geschlossenen Gefäß durch 12 Stunden mazerieren. Nach dieser Zeit filtriert er und erhält eine für sich nicht leuchtende Flüssigkeit (A).

Der durch Alkohol erschöpfte Rückstand wird ausgepreßt und dann mit Chloroformwasser mehrere Stunden behandelt und abfiltriert. Das Filtrat stellt gleichfalls eine nicht leuchtende Flüssigkeit dar (B).

Wenn man nun $^1/_4$ der Flüssigkeit A mit $^3/_4$ der Flüssigkeit B mischt, so leuchtet das Gemisch bei gewöhnlicher Temperatur.

Die Flüssigkeit B gibt beim Sieden oder mit viel Alkohol einen flockigen Niederschlag, und ein Gemisch der Flüssigkeit A mit der gekochten B gibt keine Lichtentwickelung mehr. Diese Versuche erklärt der französische Forscher auf Grund seiner Erfahrungen in folgender Weise. In der Bohrmuschel treten zwei Körper auf: ein kristallisierbarer, das Luciferin, und ein Ferment, die Luciferase. Der erste findet sich im ganzen Tiere vor, während der zweite nur in den leuchtenden Teilen vorkommt. Durch das Zusammentreffen dieser beiden Substanzen, nämlich eines eiweißartigen von den Eigenschaften eines Ferments, der Luciferase mit dem unbekannten Körper Luciferin, entsteht unter Intervention von Sauerstoff und Wasser Licht. Dubois ist um so mehr geneigt, hier einen fermentativen Vorgang anzunehmen, weil alle jene Bedingungen, die für gewöhnlich günstig oder hemmend auf Fermentationsprozesse wirken, auch entsprechend den Leuchtprozeß beeinflussen. Die gegebene Erklärung soll nach Dubois nicht bloß für Pholas sondern für sämtliche Lebewesen, gleichgültig ob Tier oder Pflanze, gelten.

Ich war leider wegen Mangels an genügendem Material nicht in der Lage, mit Pholas die Versuche von Dubois zu wiederholen, kann also aus eigener Anschauung darüber nicht urteilen. Daher möchte ich der Fermenttheorie gegenüber eine abwartende Stellung einnehmen, zumal der mit dem Chloroformwasser und nach dem Kochen erhaltene Körper doch ein höchst unreines Produkt sein muß. Derartige flockige Niederschläge dürfte fast jedes eiweißhaltige Tier- oder Pflanzengewebe liefern, das gesamte Eiweiß, welches bei dem Mazerieren mit Chloroformwasser in Lösung geht, muß beim Kochen oder bei Behandlung mit Alkohol herausfallen, von einem einheitlichen Körper, von einem Ferment kann wohl nicht ohne weiteres gesprochen werden, wenn auch damit nicht die Möglichkeit geleugnet werden soll, daß ein Ferment darin enthalten sei.

In neuester Zeit hat Dubois[1]) seine Versuche mit Pholas wieder aufgenommen und ergänzt. Er läßt die Flüssigkeit von Pholas so lange stehen, bis sie nicht mehr leuchtet. Das ist die Flüssigkeit A. Dann nimmt er eine neue Portion von leuchtender Flüssigkeit, erwärmt sie rasch auf + 70° C, wodurch das Licht verschwindet. Das ist die Flüssigkeit B. Mischt man nun B mit A, so erscheint das Licht wieder. Die in der Flüssigkeit A vorhandene aktive Substanz — Luciferase benannt — ist nach Dubois ein oxydierendes Ferment, und zwar eine Peroxydase, die auch durch Wasserstoffsuperoxyd oder eine Spur Kaliumpermanganat ersetzt werden kann. Denn wenn man von diesen der Flüssigkeit B etwas zusetzt, so wird sie auch leuchtend. Die Flüssigkeit B enthält die eigentliche Leuchtsubstanz, das Luciferin, das nach Dubois durch Aufkochen seine Leuchtfähigkeit einbüßt und eiweißartiger Natur, vielleicht ein Nucleoalbumin ist. Durch Pikrinsäure kann es aus der wässerigen Lösung gefällt werden. Wird der Niederschlag von Wasser aufgenommen und mit etwas Permanganat versetzt, so leuchtet die Flüssigkeit wieder auf. — Dubois konnte das Luciferin nur bei leuchtenden Tieren auffinden, die Luciferase hingegen auch bei zahlreichen nicht leuchtenden, so bei einer großen Zahl von Mollusken und bei Crustaceen. So kann man das Luciferin mit dem Blute von Solen, Cardium edule, Tapes decussatus, Ostrea edulis und Mytilus zum Leuchten bringen. Nach diesen Untersuchungen von Dubois, die zweifellos einen Fortschritt in der Aufklärung der Lichtentwickelung bei Pholas bedeuten, liefe der Prozeß des Leuchtens auf einen indirekten Oxydationsvorgang des Luciferins durch eine Peroxydase, die Luciferase, hinaus. — Fernere Untersuchungen werden ergeben, ob sich die für Pholas gewonnenen Resultate auch auf andere Tiere und auf Pflanzen werden übertragen lassen.

Oxydierende Fermente (Oxydasen) hat auch schon Nadson[2]) zur Erklärung der Lichtentwickelung herangezogen, und McDermott[3]) hält es für wahrscheinlich, daß die lichtgebende Substanz bei den Lampyriden ein eiweißartiges Lipoid, ein Phosphatid sei.

Es ist ja sicherlich nicht ohne Wert, wenn man sich gewisse Vorstellungen über die chemische Natur der Leuchtsubstanz macht, aber

---

1) Dubois, R., Nouvelles recherches sur la lumière physiologique chez Pholas dactylus. Compt. rend. Paris. T. CLIII. 1911. p. 690.

2) Nadson, G., Sur la phosphorescence des bactéries. Rapport fait à la Société Microbiologie. St. Pétersbourg. 29. mars. 1902.

3) McDermott, The stability of the photogenic material of the Lampyridae and its probable chemical nature. Journ. of the Americ. chem. Soc. Vol. XXXIII. 1911. No. 11. p. 1791.

streng genommen, ist Sicheres darüber nicht bekannt, denn abgesehen davon, daß die Leuchtsubstanz nur in minimalen Mengen vorhanden ist, ist sie sehr labil und von anderen Substanzen sehr schwer zu trennen. Trotz dieser Schwierigkeiten bricht aber immer mehr und mehr die Anschauung durch, daß es in den leuchtenden Tieren und Pflanzen eine Leuchtsubstanz, ein Photogen gibt und daß die entgegenstehenden Ansichten wie die von Beijerinck verlassen werden.

Nach seiner Auffassung wird nicht ein leuchtender Stoff, eine bestimmte leuchtende chemische Verbindung gebildet, sondern die Lichtentwickelung beruht auf einer spezifischen, physiologischen Funktion, analog der Ferment-, der Reduktionsfunktion, der Kontraktilität und der Irritabilität [1]). In Uebereinstimmung mit Pflüger, der eine innige Beziehung zwischen Leben, Atmung und Leuchten annimmt, tritt auch Beijerinck für die Auffassung des Leuchtens als vitalen Akt ein und behauptet, daß die Umbildung des Peptons zu organisierter lebender Substanz, speziell bei den Leuchtorganismen, von Lichtentwickelung begleitet ist.

Was zunächst die letztere Behauptung anbelangt, so kann man wohl nicht sagen, daß Beijerinck irgendwelche zwingende Gründe für dieselbe beigebracht hat; solche Annahmen lassen sich vorläufig weder beweisen noch streng widerlegen. Der Umstand, daß die Leuchtbakterien üppig wachsen und sich vermehren können, ohne zu leuchten, die Tatsache, daß sie noch bei sehr niederen Temperaturen, bei welchen das Wachstum auf ein Minimum beschränkt oder sogar vollkommen sistiert ist, zu leuchten vermögen, und endlich die Erfahrung, daß das Leuchten bei gewissen tierischen Lebewesen auch außerhalb der Zelle in einem Sekret vor sich gehen kann, all das spricht wohl nicht dafür, daß gerade die Umformung der Peptone in lebende Substanz von einer Lichterscheinung begleitet wird.

Wenn Beijerinck ferner in der Lichtentwickelung eine spezifische Lebensfunktion sieht, ähnlich der Fermentfunktion, so kann darauf erwidert werden, daß selbst die alkoholische Gärung, die noch bis vor wenigen Jahren als untrennbar verknüpft mit der lebenden Zelle betrachtet wurde, nunmehr als ein chemischer Prozeß erkannt wurde, indem Buchner [2]) aus der Hefe ein Ferment, die Zymase, dargestellt

---

1) Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène et l'aliment plastique des bactéries lumineuses. Archives Néerlandaises. T. XXIV. p. 369—442; p. 58 des Sonderabdruckes.

2) Buchner, E., Buchner, H., und Hahn, M., Die Zymasegärung. München u. Berlin 1903.

hat, die in einer Zuckerlösung für sich allein, also unabhängig von der Zelle, die alkoholische Gärung hervorzurufen vermag.

In einem Punkte begegnen sich Beijerincks und meine Ansicht, darin nämlich, daß sich die Lichtentwickelung wenigstens bei den Pilzen — und dasselbe dürfte wohl für die meisten lichtentwickelnden Lebewesen Geltung haben — intracellulär vollzieht.

In der Literatur geht man vielfach von der meiner Meinung nach irrtümlichen Anschauung aus, daß die Photogentheorie einem intracellulär verlaufenden Leuchtprozeß widerspreche. Hierfür liegt aber doch kein zwingender Grund vor. Ich bin Anhänger der Photogentheorie und stehe gleichzeitig auf dem Standpunkt, daß die Lichtentwickelung sich innerhalb der Pilzzellen vollzieht.

Die von Ludwig[1]) geäußerte Vermutung, daß die Leuchtbakterien stets dunkel sind und die Kolonien nur infolge der ausgeschiedenen Radziszewskischen Körper leuchten, muß auf irrtümlichen Beobachtungen beruhen. Ludwig stützt seine Ansicht auf folgendes: „Nachdem ich im Dunkeln das Mikroskop auf die leuchtenden Kolonien resp. auf die Lichtpunkte . . . . . eingestellt, ließ ich die Petroleumlampe vorsichtig an einen vorher bezeichneten Platz, von wo aus sie das Objekt günstig beleuchtete, stellen. Es ergab sich dabei, daß die Kolonien selbst nicht sowohl der Ausgangspunkt der Phosphoreszenz waren, als kleine, das Licht stark brechende bakterienfreie Bläschen in deren Nähe (über denselben), welche nichts anderes als chemische Produkte der ersteren zu sein schienen."

Ich habe daraufhin zahlreiche mikroskopische Beobachtungen an leuchtenden Kolonien verschiedener Leuchtbakterienarten gemacht, niemals aber etwas Aehnliches oder überhaupt etwas bemerkt, das für die Ausscheidung eines Leuchtstoffes gesprochen hätte. Immer ist das Licht auf die Ausdehnung der Kolonie beschränkt, von einer diffusen Ausbreitung eines Photogens auch nur in die nächste Umgebung der Bakterienmasse ist nie das geringste zn sehen. Damit steht auch die Tatsache in vollem Einklang, daß man bei der Filtration von 3-proz. Kochsalzwasser oder von Bouillon, die durch Bacterium phosphoreum stark leuchtend gemacht wurden, durch Chamberland- oder Berkefeld-Kerzen Filtrate erhält, die in Uebereinstimmung mit Versuchen von Lehmann und Katz im Finstern nicht die geringste Spur von Licht zeigen.

---

1) Ludwig, F., Die bisherigen Untersuchungen über photogene Bakterien. Centralbl. f. Bakteriologie u. Parasitenkunde. I. Jahrg. 1887. Bd. II. p. 403. Vgl. auch F. Ludwig, Lehrbuch der niederen Kryptogamen etc. Stuttgart 1892. p. 82.

Für die Beurteilung derartiger Fragen leistet auch die Photographie ausgezeichnete Dienste, denn wenn die Kolonien ein Photogen in ihre Umgebung ausscheiden würden, würde sicherlich in Anbetracht der nahezu unendlichen Empfindlichkeit der photographischen Platte bei langer Exposition um jede Kolonie im Positiv ein Lichthof entstehen müssen. Dies ist aber, wenn man jede Solarisation vermeidet, niemals der Fall (vgl. auch p. 160).

Auch bei den höheren Leuchtpilzen[1]), wie dem Hallimasch und dem Mycelium x, handelt es sich, wie ich bereits auf p. 51 auseinandergesetzt habe, um einen intracellulären Prozeß, eine Ausscheidung leuchtender Substanz kommt, soweit meine Beobachtungen reichen, auch hier nicht vor.

Das Photogen leuchtet also im **Innern** der Zelle, und seine Entstehung ist ebenso wie die Zymase sicherlich an die lebende Zelle geknüpft. Insofern kann das Licht der Pflanze überhaupt als ein Lebenslicht im wahren Sinne des Wortes bezeichnet werden.

Aber so wie es geglückt ist, die Zymase aus der Hefe für sich darzustellen und außerhalb der Zelle zur Wirkung zu bringen, so wäre ja auch für das Photogen etwas Analoges denkbar, wenngleich alle darauf abzielenden Versuche bisher nur negative Resultate lieferten, wahrscheinlich deshalb, weil das Photogen ein ungemein labiler Körper ist und nur in sehr geringer Menge gebildet wird. Es erscheint daher begreiflich, daß alles, was das Leben der Zelle alteriert, auch das Photogen zerstört oder in seiner Entstehung hemmt.

Von diesem Gesichtspunkte möchte ich auch die von Macfadyen festgestellte Tatsache betrachten, der gezeigt hat, daß Leuchtbakterien, nachdem sie der Temperatur der flüssigen Luft ausgesetzt waren, noch immer ihre Leuchtfähigkeit bewahren, sie hingegen verlieren, sobald sie bei dieser Temperatur zerrieben werden. Er schließt daraus, daß das Leuchten wesentlich eine Funktion der lebenden Zelle ist und an die intakte Organisation der Zelle geknüpft erscheint[2]).

Zur Begründung des Gesagten führe ich, indem ich gleichzeitig auf die einschlägigen Experimente von Lehmann[3]) verweise, einige Versuche an, die ich mit stark leuchtendem Bacterium phosphoreum angestellt habe. Von Strichkulturen wurden hirsekorngroße Bakterien-

---

1) Vgl. darüber auch F. Ludwig, Lehrb. d. Kryptogamenkunde. l. c. p. 530.

2) Macfadyen, Allan, Section B of the British Association at Southport 1903. In Nature. Vol. LXVIII. No. 1773. p. 608—609.

3) Lehmann, K. B., l. c. p. 789.

massen zunächst in folgende Flüssigkeiten getaucht oder verschiedenen Dämpfen ausgesetzt, um die Zellen abzutöten.

1. Schwefelsäure. In reiner Schwefelsäure erlischt das Licht innerhalb 1 Minute.
2. Konz. Salpetersäure. Das Licht erlischt nach 10—30 Sekunden.
3. „ Salzsäure. „ „ „ „ 10—30 „
4. Eisessig. „ „ „ innerhalb 1 Minute.
5. Konz. Kalilauge. „ „ „ „ 1 „
6. Ammoniakdampf. „ „ „ „ 1 „
7. Ammoniakwasser. „ „ „ „ 8 Minuten.
8. Absoluter Alkohol. „ „ „ „ 2 „
9. Aetherdampf. „ „ „ „ ¼ Stunde.
10. Aetherflüssigkeit. „ „ „ „ 10 Minuten.
11. Jodwasser. „ „ „ „ 35 „

Besonders bemerkenswert erscheinen folgende Versuche, die beweisen, daß zum Leuchten der Bakterien und höheren Pilze eine gewisse Menge Wasser notwendig ist, wie dies ja auch für andere physiologische Prozesse, z. B. für die Gärung, die Atmung und das Wachstum bekannt ist.

Legt man auf eine Glasplatte ein hirsekorngroßes Stück stark leuchtender Bakterienmasse — zu diesen, sowie zu den unmittelbar vorhergehenden Versuchen dienten stets junge Reinkulturen — so erlischt infolge der Abgabe von Wasser gewöhnlich nach 5—10 Minuten das Licht. Taucht man die Bakterienmasse nun in destilliertes oder in Flußwasser oder in eine 3-proz. Kochsalzlösung, so leuchtet die Masse sofort auf und bleibt in der Salzlösung noch tagelang leuchtend.

Die Behauptung Beijerincks[1]), daß die Leuchtbakterien das Austrocknen nicht vertragen, ist sicher nicht allgemein richtig. Ich habe Bacterium phosphoreum, das mehrere Tage an der Luft getrocknet wurde, wieder zur Entwickelung gebracht.

Leuchtende Bakterienmassen wurden auf Deckgläschen gebracht, eintrocknen gelassen, in sterilisierten Petrischalen lufttrocken aufbewahrt und von Zeit zu Zeit darauf geprüft, wie lange sie in lufttrockenem Zustand die Fähigkeit behalten, bei Benetzung mit Wasser noch Licht zu entwickeln. Es ergab sich hierbei, daß die meisten Proben noch nach zwei Monaten bei Wasserzufuhr innerhalb der nächsten Minuten aufzuleuchten imstande waren, nach 3—4 Monaten aber nicht mehr. Auch das Mycelium x verträgt mehrere (3—5) Wochen das Austrocknen,

1) Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc., l. c. p. 65 des Separatabdruckes.

bleibt entwickelungsfähig und vermag beim Befeuchten mit Wasser wieder aufzuleuchten.

Was mich unter anderem bestimmt, der Photogentheorie das Wort zu reden, ist die Tatsache, daß bei gewissen Tieren leuchtendes Sekret wirklich ausgeschieden wird, und gewisse Zellen und Bestandteile von solchen auch im leblosen Zustande noch leuchten können. So bei Pholas, bei gewissen Myriopoden und manchen Würmern [1]).

Celluläre Elemente habe ich in dem Leuchtsekret der Bohrmuschel nicht gesehen; die Flüssigkeit war vollständig klar und frei von Zellen oder geformten Teilen derselben. In dem Sekret gewisser Myriopoden, z. B. bei Orya, das auf lokale Reizung hin ausgeschieden wird und eine klare fadenziehende und klebrige Flüssigkeit darstellt, finden sich nach Dubois [2]) eigentümliche eiweißähnliche Gebilde, welche er als „vacuolides" bezeichnet. Diese sollen vor den Augen des Beobachters unterm Mikroskop aus dem kolloidalen Zustand in den kristallisierten übergehen und hierbei Licht entwickeln.

Dubois [3]) hat als erster die interessante Tatsache aufgefunden, daß in Luciola italica ein in bläulicher Farbe fluoreszierender Stoff — Pyrophorin genannt — vorkommt. Solche fluoreszierende Stoffe wurden später auch von Ives und Coblentz [4]) bei den Lampyriden Photinus pyralis, Ph. corruscus und Photuris pennsylvanica und in letzter Zeit von Mc Dermott [5]) bei dem damit verwandten Käfer Photinus scintillans festgestellt. Da Dubois das Pyrophorin bei zahlreichen Leuchttieren nicht gefunden, bei einzelnen nicht leuchtenden Tieren aber gefunden hat, so folgt schon daraus, daß der Leuchtprozeß von dem Pyrophorin nicht abhängig ist. Dubois ist der Ansicht, daß dem fluoreszierenden Stoffe aber insofern eine Bedeutung zukommt, als er die von dem Insekte ausgehenden Lichtstrahlen in andere umzuwandeln vermag und dadurch die Lichtfarbe modifiziert.

Von großer Bedeutung ist ferner die meiner Meinung nach viel zu wenig berücksichtigte Tatsache, daß manche Gewebe oder Zellen

---

1) Dubois, R., Leçons de physiologie etc. l. c.

2) Dubois, l. c. p. 427 u. ff.

3) Dubois, R., Leçons de physiologie générale et comparée. Paris 1898. p. 361. Derselbe, Sur la fluorescence chez les insectes lumineux. Comptes rendus. T. CLIII. 1911. p. 208.

4) Ives und Coblentz, Bulletin of the Bureau of Standards. Washington 1910. Vol. VI. p. 321—336.

5) Mc Dermott, Luciferesceine, the fluorescent material present in certain luminous insects. Journ. of the American chemical Society. 1911. Vol. XXXIII. p. 410.

selbst im toten Zustande zu leuchten vermögen. So werden Schriftzüge, wenn sie mit der Leuchtsubstanz von Luciola italica hervorgebracht werden, durch Anfeuchten wieder von neuem leuchtend[1]). Leuchtorgane von Lampyris noctiluca, auf das sorgfältigste getrocknet und im Vakuum aufbewahrt, leuchten nicht. Nimmt man sie aber heraus und befeuchtet man sie mit einem Tropfen destillierten Wassers, so kommt nach den Untersuchungen von Bongardt[2]) das Licht wieder zum Vorschein. „Selbst solche Organe strahlen alsdann ein ziemlich intensives Licht aus, die ein Jahr lang im evakuierten Glasröhrchen aufbewahrt worden waren." Cucujos (Elateriden), mit destilliertem Wasser verrieben, geben nach Dubois eine deutlich leuchtende Flüssigkeit, obwohl sich keine anatomischen Elemente darin vorfinden.

Getrocknete und zerriebene Phyllirhoë leuchten im süßen Wasser wieder auf[1]).

Das Licht von Pholas[1]) hält sich bei vorhandener Feuchtigkeit bis zu 10 Tagen nach dem Tode des Tieres und kann nachher durch Anfeuchten wieder hervorgerufen werden.

Das Sekret gewisser Myriopoden kann, wenn man Filtrierpapier damit imprägniert, noch nach 2 Monaten durch Befeuchtung zum Leuchten angeregt werden[3]).

In den eben angeführten Fällen kann man wohl nicht mehr von lebenden Zellen reden, sondern es bleibt nur die Annahme übrig, daß es sich hier um einen rein chemischen Prozeß handelt, um eine Substanz, die bei Gegenwart von Wasser und freiem Sauerstoff sich oxydiert und dabei leuchtet. Hier liegt kein vitaler Prozeß mehr vor; vom Leben ist, wie ich schon betont habe, nur die Entstehung des Photogens abhängig, das entstandene Photogen vermag aber auch unabhängig von der lebenden Substanz zu leuchten[4]).

---

1) Dittrich, R., l. c. p. 43.

2) Bongardt, J., Zur Biologie unserer Leuchtkäfer. Naturw. Wochenschr. vom 14. Febr. 1904. p. 309.

3) Dubois, R., l. c. p. 429.

4) Zu demselben Resultate gelangt auch Giesbrecht*) auf Grund seiner vortrefflichen Studien über Leuchttiere. Er unterscheidet zwischen physiologischen Vorgängen, die den Leuchtstoff produzieren und sie in die für das Leuchten erforderlichen Bedingungen versetzen und dem Leuchten selbst, das als eine nicht vitale Begleiterscheinung eines chemischen, in einigen Fällen vielleicht auch eines physikalischen Prozesses zu betrachten ist.

---

*) Giesbrecht, W., Mitteilungen über Copepoden. Mitteilungen a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. XI. 1895. p. 687.

Was nun hier so klar und deutlich ist, warum sollte dies nicht auch bei anderen Organismen, z. B. bei den Pilzen, der Fall sein? Ich glaube, daß wir nunmehr, da zweifellos Fälle bekannt sind, wo leblose Sekrete oder Gewebe leuchten, es für sehr wahrscheinlich halten dürfen, daß es sich auch in anderen Fällen um einen chemischen Vorgang handelt, bei dem eine bestimmte Substanz, unser hypothetisches Photogen, bei seiner Verbrennung Licht entwickelt. Welcher Art diese Substanz ist, ob es ein eiweißartiger Körper ist, wie Dubois meint, oder ein Phosphatid, wie Mc Dermott will, ob bei den verschiedenen Licht entwickelnden Lebewesen immer ein und dasselbe Photogen gebildet wird, darüber läßt sich vorläufig nichts Bestimmtes sagen.

Wenn ich die in diesem Kapitel angeführten Tatsachen und Erwägungen überschaue, so komme ich resumierend zu folgenden Resultaten:

1. Das Leuchten der Pflanze — ein Fall von Chemolumineszenz — vollzieht sich nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff, der Leuchtprozeß beruht auf einer Oxydation. Schon außerordentlich minimale Mengen von Sauerstoff vermögen das Leuchten zu unterhalten.

2. Vorläufig liegt kein zwingender Grund vor, von einer direkten Beziehung zwischen Atmung und Lichtentwickelung, geschweige denn von einer Lichtentwickelung durch Atmung zu sprechen.

3. Das Leuchten beruht höchstwahrscheinlich darauf, daß die lebende Zelle eine Substanz, das Photogen, erzeugt, das bei Gegenwart von Wasser und freiem Sauerstoff zu leuchten vermag.

Es ist unrichtig, daß bei den Photobakterien und höheren Leuchtpilzen das Photogen ausgeschieden wird und **außerhalb** der Zelle leuchtet, sondern die Lichtentwickelung findet hier **intracellulär** statt.

Die **Entstehung** des Photogens ist vom Leben der Zelle abhängig, doch damit soll nicht gesagt sein, daß das **entstandene** Photogen nicht auch unabhängig von der leuchtenden Substanz leuchten könnte.

VII.

Die Eigenschaften des Pilzlichtes.

1. Die Farbe des Pilzlichtes.

Zunächst möchte ich eine von mir sehr oft gemachte Beobachtung mitteilen, die für die Beurteilung unseres Gegenstandes von großer Wichtigkeit ist. Wenn man gut leuchtende Kulturen von Bacterium phosphoreum mit nicht ausgeruhtem Auge betrachtet, etwa indem man aus dem Tageslicht unmittelbar in die Dunkelkammer eintritt, so erscheint das Licht bläulichgrün oder geradezu smaragdgrün. Erwacht man aber in der Nacht, nachdem man einige Stunden geschlafen, und betrachtet man jetzt mit vollständig ausgeruhter Netzhaut im Finstern dieselben Kulturen, so erscheint das Licht nicht mehr blaugrün, sondern gelblichweiß, der blaugrüne Ton ist nunmehr vollständig oder fast vollständig verschwunden. Verschiedene Personen, die ich darauf aufmerksam machte, bestätigten meine Wahrnehmungen, so daß es sich sicherlich nicht etwa nur um eine subjektive Eigentümlichkeit meiner Augen handelt.

Das Bakterienlicht ruft also in diesem Falle eine verschiedene Farbenempfindung hervor, je nach dem Zustand unserer Netzhaut, je nachdem sie ermüdet oder ausgeruht ist. Dasselbe habe ich auch bei anderen Bakterienarten wahrgenommen. Bei der Beurteilung des Pilzlichtes wird es sich daher empfehlen, stets auf den Zustand der Augen zu achten, denn ich bin sicher, daß die oft recht verschiedenen Angaben über die Lichtfarbe eines bestimmten Organismus unter anderm auf der Unkenntnis der oben mitgeteilten Beobachtung beruhen.

Daß das Licht verschiedener Bakterienarten nicht denselben Eindruck macht, läßt sich leicht feststellen, es geht dies auch aus den verschiedenen Speciesnamen hervor, die man den Photobakterien gegeben

hat. So beschreibt Katz[1]) einen Bacillus cyaneo-phosphorescens, einen B. smaragdino-phosphorescens und einen B. argenteo-phosphorescens, um den verschiedenen Farbenton zum Ausdruck zu bringen.

Von B. Fischer und anderen wurde angegeben, daß die grünliche Farbe des Lichtes sich nur auf Salznährböden zeigt, auf salzarmem Substrat aber eine mehr gelbliche und entschieden blassere Farbe Platz greift.

Ich selbst habe besonders bei der Kultur des Bacterium phosphoreum auf Salzkartoffeln und den Muskeln von Menschenleichen eine intensiv blaugrüne Farbe beobachtet, auch läßt sich leicht feststellen, daß manche Bakterienarten, die auf ihrem natürlichen Standorte, z. B. auf der Oberfläche toter Fische ein silberweißes Licht erzeugen, bei der Kultur auf Salzpeptongelatine ein grünliches Licht aufweisen. Für die Lichtfarbe ist daher in manchen Fällen die Natur des Substrates nicht ohne Bedeutung.

Das Licht der einheimischen höheren Pilze (Mycelium X und Hallimasch) entbehrt namentlich in Reinkulturen des blaugrünen Stiches, es ist mattweiß und zumeist von geringerer Intensität als das Bakterienlicht. Nur bei vom Hallimasch infizierten stark leuchtenden Hölzern habe ich auch etwas von einem bläulichgrünen Tone gesehen. Hingegen produzieren manche tropische Hutpilze, wie die von mir in Buitenzorg auf Java beobachtete Mycaena (p. 54), ein ausgesprochenes blaugrünes und so intensives Licht, daß es wohl mit dem stark leuchtender Bakterien erfolgreich konkurrieren kann.

Die Verschiedenartigkeit der Lichtfarbe könnte vorzugsweise zwei Ursachen haben. Sie könnte zunächst in einer Verschiedenheit der gebildeten Photogene liegen oder, so wie das grüne, gelbe, blaue oder weiße Licht der Tiere durch die Farbe und den Bau der Hautstellen, durch welche es dringt, beeinflußt wird, so könnte auch das Pilzlicht, welches ja intracellulär entsteht, indem es die bei verschiedenen Pilzen verschieden gearteten Inhalte und Membranen der Zelle durchsetzt, erst neue Veränderungen erleiden und einen anderen Eindruck im Auge hervorrufen, ohne daß die Photogene sich voneinander unterscheiden müssen.

2. Die Art des Leuchtens.

Wenn wir von den Peridineen absehen, so leuchten die Pflanzen stets andauernd. Darin liegt ein auffallender Unterschied gegenüber dem Leuchten der meisten Tiere. Es gibt zwar unter den Tieren auch solche, welche ein gleichförmiges,

1) Katz, O., l. c. p. 158.

längere Zeit andauerndes Licht ausstrahlen, wie manche Lampyris-Arten, allein im allgemeinen ist die Lichtentwickelung bei den Tieren nur auf relativ kurze Zeit, auf Minuten oder Sekunden beschränkt und erfolgt zumeist nur auf äußere Reize, so daß das Licht einen blitzartigen oder funkenartigen Eindruck macht. Ein solches momentanes Leuchten kommt unter den Pflanzen nur bei den Peridineen vor, die Bakterien und die höheren Pilze leuchten tage-, wochen-, monate-, ja unter bestimmten Bedingungen sogar jahrelang ohne Unterbrechung Tag und Nacht[1]).

Strich- und Stichkulturen von Bacterium phosphoreum auf Salzpeptongelatine und in Salzmilch habe ich länger als ein Jahr leuchten gesehen, und wenn schließlich ein Erlöschen eintritt, so ist dies nur auf mangelhafte Lebensbedingungen, auf Eintrocknen, auf zu starke Konzentration des Nährmediums und den Aufbrauch der Nahrung zurückzuführen.

Ungemein lange leuchtende Kulturen kann man in folgender Weise erhalten. Man beschickt einen möglichst großen Erlenmeyerkolben mehrere Zentimeter hoch mit Salzpeptongelatine und impft im Zentrum mit einem einzigen Impfstich. Der nun entstehenden einzigen Kolonie steht das ganze Nährsubstrat zur Verfügung, die Kolonie breitet sich wachsend vom Mittelpunkte immer mehr aus, da aber die Ausbreitung nur sehr langsam erfolgt, so dauert die Lichtentwickelung sehr lange an. Ich habe derartige Kolonien 1—2 Jahre leuchten gesehen. Allerdings darf man aus diesem Experimente nicht schließen, daß ein und dieselbe Bakterienzelle so lange leuchte, denn es vermehren sich die Bakterien vorwiegend an der Peripherie der Kolonie, hier sind sie im üppigsten Wachstum und in höchster Lebensenergie, auch werden sie hier durch die ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte am wenigsten gestört. Daher sieht man schon bei den nur eine oder wenige Wochen alten Kolonien das Zentrum viel weniger hell als die Peripherie und alte Kolonien gleichen deshalb mehr leuchtenden Ringen als leuchtenden Scheiben. Ich werde auf diesen Punkt noch bei der Photographie im Bakterienlicht zu sprechen kommen.

Analoges läßt sich auch von dem Mycelium X und dem Hallimasch sagen. Wenn das Mycelium X, wie ich nachweisen konnte, auf Brot in großen Kolben 1—$1^1/_2$ Jahre andauernd leuchtet, so will ich damit nicht behaupten, daß ein und dieselbe Zelle so lange zu leuchten vermag; das trifft sicherlich nicht zu, sondern die Zellen werden im Zentrum

---

1) Gegen direkte Sonnenstrahlen sind viele Leuchtbakterien sehr empfindlich. Vgl. Lode, A., Centralbl. f. Bakteriologie etc. II. Abt. Bd. XXII. 1908. p. 421.

des sich kreisförmig ausbreitenden Myceliums senil oder sie sterben ab, an der Peripherie aber verjüngen sie sich beständig, wachsen weiter und produzieren Licht. Also nicht jede einzelne Zelle, sondern die Kultur als solche leuchtet so lange. Immerhin wird die Leuchtdauer der einzelnen Pilzzelle auf viele Tage veranschlagt werden können. — Namentlich in der älteren Literatur findet sich nicht selten die Angabe, daß das Licht des faulen Holzes oder leuchtender Fische einen wallenden Charakter habe. So sagt Th. Hartig[1]) von einem leuchtenden weißfaulen Pappelholze: „Im dunklen Zimmer ließ die Lupe in der erleuchteten nächsten Umgebung des Holzes eine scheinbar wallende Bewegung der Atmosphäre erkennen, ähnlich der, welche verdampfender Phosphor erzeugt, wenn man im dunklen Zimmer diesen von einem Zündhölzchen auf eine warme Ofenplatte streicht, ohne das Zündhölzchen zu entzünden." — Auch Ludwig[2]) will ein lebhaft scintillierendes, abwechselnd hellaufleuchtendes und verschwindendes Licht an Mycelstückchen von Trametes pini (?) gesehen haben. Von einer wallenden Bewegung habe ich, ich kann wohl sagen bei meinen nach Tausenden zählenden Bakterienkulturen und Hunderten leuchtender Holzproben nie das geringste bemerkt. Stets erschien mir das Licht gleichmäßig ruhig, niemals unruhig, funkelnd, wallend oder dampfförmig. Auch bei mikroskopischer Betrachtung (Vergrößerung 30—90) fand ich das Licht stets ruhig gleichmäßig, niemals funkelnd oder wallend.

3. Bakterienlampen und die Möglichkeit einer praktischen Verwertung derselben.

Das relativ intensive Licht mancher Bakterienarten mußte bald auf den Gedanken führen, ob es denn nicht möglich wäre, das Bakterienlicht in Form einer Lampe zu verwerten, und das Verdienst, den Versuch zuerst gemacht zu haben, eine solche Lampe zu konstruieren, gebührt Dubois[3]). Sie besteht im wesentlichen aus einem großen Glasgefäß mit flachem Boden, das mit leuchtender Bouillonflüssigkeit zum Teil gefüllt ist. Oben und seitlich hat das Glasgefäß je eine mit einem lockeren Baumwollpfropf verschlossene Oeffnung. Eine die Oberseite des Glasgefäßes bedeckende Zinnfolie dient als Reflektor. Will man die Lampe aufleuchten lassen, so hat man nur mittels einer Kautschuckbirne von Zeit zu Zeit eine kleine Menge filtrierte Luft in die Bouillon

1) Hartig, Th., Bot. Zeitg. l. c. p. 148.

2) Ludwig, F., Ueber die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie etc. Bd. I. 1884. p. 188.

3) L'éclairage par les microbes. In „La nature". 1901. p. 293—294. Dubois, R., Das kalte Licht. Die Umschau. 1901. p. 221—224.

einzuführen. Eine solche Nachtlampe, sagt Dubois, „kann mehrere Nächte hintereinander im Gebrauche bleiben, ohne daß es nötig wäre, den Inhalt zu erneuern oder neue Nährflüssigkeit hinzuzufügen, sie ist von um so längerer Haltbarkeit, je weniger sie durch Luftzirkulation benutzt wird. Eine solche Lampe kann auch sehr wohl als Dunkelzimmerlampe bei photographischen Arbeiten benutzt werden“ [1]). Diese Lampe erstrahlte ihrer inneren Einrichtung nach nur kurze Zeit in stärkerem Lichte, nämlich wenn in die Kulturflüssigkeit Luft eingeblasen wurde. Da infolge der intensiven Atmung der Bakterien der in einer Flüssigkeit absorbierte Sauerstoff nach kurzer Zeit wieder aufgebraucht wird, so erlischt das Licht alsbald, nur die oberste Schichte bleibt in Berührung mit der atmosphärischen Luft leuchtend. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, benützte Dubois [2]) gelegentlich der letzten Weltausstellung in Paris (1900) zur Beleuchtung eines Saales im optischen Palast als Lampen Glasgefäße, deren innere Oberfläche mit einer Gelatinelage ausgekleidet und mit Meeresleuchtbakterien geimpft war.

Ohne von dieser letzteren Lampenart Kenntnis zu haben und ganz unabhängig davon habe ich schon vor zwei Jahren versucht, mir eine Bakterienlampe mit einer möglichst lang andauernden Leuchtkraft zu konstruieren, namentlich als ich in dem Bacterium phosphoreum eine Bakterie kennen lernte, die in unserer nächsten Umgebung so leicht zu beschaffen ist, und die durch die Intensität und Dauer ihres Lichtes alle bisher bekannten Photobakterien übertrifft. Ich verfuhr bei der Herstellung meiner Lampe in folgender Weise:

Ein 1—2-Liter-Erlenmeyerkolben aus Glas wird mit etwa 200 bis 400 cm Salzpeptongelatine beschickt, mit einem Baumwollpfropf verschlossen und dann sterilisiert. Nach Abkühlung, und bevor die Gelatine wieder erstarrt, wird von einer jungen, gut leuchtenden Kultur des Bacterium phosphoreum mittels einer Platinnadel oder mit 1—3 ccm einer stark leuchtenden Bouillon geimpft und der Kolben dann in fast horizontaler Lage und unter langsamer Drehung im Strahle eines Wasserleitungshahnes gekühlt, wobei die Gelatine an der ganzen inneren Oberfläche nach wenigen Minuten erstarrt. Der ganze Kolben ist dann mit einer mehr oder minder dicken Gelatineschichte allseits ausgekleidet, auch der Pfropf kann mit dem Nährsubstrat getränkt werden, da er ganz besonders schön leuchtet. Bei Aufenthalt des Kolbens in einem kühlen Zimmer entwickeln sich schon nach 1 bis 2 Tagen an der ganzen Innenwand so reichlich Kolonien, daß der

1) Dubois, R., l. c. p. 223.
2) Derselbe, La nature. l. c. p. 294.

Kolben dann in wunderschönem bläulich-grünen Lichte erglänzt und mit seinem ruhigen matten Glanze einen herrlichen Anblick darbietet.

Die Tafel I stellt eine Photographie meiner Bakterienlampe in ihrem eigenen Lichte dar. Der Kolbenhals erscheint mit Ausnahme seines Randes dunkel, weil der vorhandene Baumwollenpfropf nicht leuchtete. Die ganze Innenwand zeigt die leuchtenden Kolonien bei genauer Betrachtung als kleine Ringe, weil der Rand der Kolonien stärker leuchtet als das Zentrum. Die Exposition betrug in diesem Falle 12 Stunden, doch genügt schon $^1/_4$ Stunde Exposition, um die Umrisse der Lampe und die Kolonien deutlich auf dem Negativ zum Vorschein kommen zu lassen. Meine Lampe hat bei Deponierung in einem Raume von etwa 10° C die ausgezeichnete Eigenschaft, durch etwa 8 Tage relativ intensiv und später mit abnehmender Helligkeit zu leuchten. Ihr Licht gestattet, die Taschenuhr, die Skala des Thermometers abzulesen, groben Druck zu entziffern, das Gesicht einer Person auf 1—2 Meter zu erkennen. Als ich in finsterer Nacht die Lampe auf ihre Helligkeit in einem Garten prüfte, konnten verschiedene Personen ihr Licht noch auf 64 Schritte deutlich wahrnehmen. Man kann die Lampe zur Not als Nachtlampe benützen, um Gegenstände im finsteren Zimmer zu finden, wie denn überhaupt die große Billigkeit, die lange ununterbrochene Leuchtdauer, die Geruchlosigkeit und die Gefahrlosigkeit dieses kalten Lichtes den Gedanken näher rücken, daß das Bakterienlicht einmal auch eine praktische Bedeutung gewinnen dürfte, ähnlich wie dies ja bei manchen tropischen leuchtenden Käfern schon lange der Fall ist.

Gewisse Elateriden (Käfer), allen voran der auf den Antillen so häufig vorkommende Pyrophorus noctilucus, haben durch ihr Leuchtvermögen seit jeher die Aufmerksamkeit der Beobachter erregt. Sie finden sich vorzugsweise am Rande der Wälder und in der Nähe der Zuckerrohrfelder, beginnen abends zu fliegen und bieten, indem sie gleich beseelten Sternen die dunkle Nacht erhellen, dem staunenden Auge einen feenhaften Anblick. Zur Zeit der Eroberung der neuen Welt dienten sie daselbst den Eingeborenen zu verschiedenen Zwecken[1]: zum Fischfang, zur Jagd und zur Zeit des Krieges als optischer Telegraph, zumal das Käferlicht weder durch den Wind noch durch den Regen verlöscht wurde. An der Stubendecke befestigt, dienten sie zur Beleuchtung und zur Abhaltung von Schlangen. Bei ihren Festen rieben die Eingeborenen das Gesicht mit den leuchtenden Käfern ein und verschafften sich so eine leuchtende Maske von eigenartigem Effekt. In Mexiko

1) Dubois, R., Leçons de physiologie etc. l. c. p. 341.

benützen die Frauen die Pyrophori gleich leuchtenden Edelsteinen als Schmuck, und die ersten Missionäre auf den Antillen bedienten sich in Ermangelung von Kerzen der Käfer zum Lesen der Frühmesse.

Nach Alex. v. Humboldt dienen gewisse Elateriden, die die Spanier Cucujos nennen, in den Hütten armer Landleute als Leuchte. „Zirka ein Dutzend Cucujos in einer durchlöcherten Kürbisflasche dienen in Hütten armer Landleute als Nachtlampen, und wird das Licht schwächer, so darf man nur rütteln, wo durch das Irritieren der Tiere das Licht wieder weit stärker wird.“ Der genannte Autor erzählt, daß die Mütter dieses Licht benützen, um den Kindern zur Nachtzeit die Brust zu reichen; ferner verbieten oft die Kapitäne der Schiffe, ein anderes Licht außer der Käferbeleuchtung des Nachts zu gebrauchen, um von den gefürchteten Korsaren nicht beobachtet zu werden. Humboldt selbst benützte auch diese Beleuchtung bei seinem Besuche der Luftvulkane von Turbaco, um eine Entzündung der brennbaren Gase zu vermeiden [1]).

Auch Heller kam auf Grund seiner Versuche mit leuchtendem Holz und leuchtenden Fischen zu der Ueberzeugung, daß das Licht von Lebewesen auch für das praktische Leben von Wichtigkeit werden könnte, z. B. zur Beleuchtung von solchen Räumen, wo eine sehr mäßige, aber ununterbrochene Beleuchtung erforderlich ist und wo eine mit Wärmeentwickelung verbundene Beleuchtung auszuschließen wäre, wie in Pulvermühlen, Pulvermagazinen, in Kohlenbergwerken wegen der schlagenden Wetter und auf Schiffen. Bekanntlich machen an den Seeküsten die Fischer von leuchtenden Seefischen schon lange Gebrauch zum Fangen von Seekrebsen, Hummern und Krabben, indem sie frisch getötete, abgezogene Seefische etwa 24 Stunden an die Luft legen und den Fisch dann, sobald er leuchtend geworden, in einen Korb bringen und als leuchtenden Köder ins Meer versenken. Jetzt, wo wir das Bakterienlicht in Form einer viel intensiver leuchtenden Lampe verwenden können, hat eine praktische Verwertung des „lebenden“ Lichtes noch mehr Aussicht auf Erfolg und ich zweifle nicht, daß beim Fischfang im Meere meine Bakterienlampe mit Erfolg wird benützt werden können. Dies alles unter der Voraussetzung, daß man sich hierzu intensiv leuchtender Bakterien bedient, und daß man für das Leuchten die günstigsten Bedingungen schafft, denn die Lichtintensität schwach leuchtender Bakterien ist, wie Messungen Lodes ergeben haben, auffallend gering.

---

1) Zitiert nach J. F. Heller, l. c. p. 204.

A. Lode[1]) bediente sich des Bunsenschen Fettfleckphotometers, um die optische Lichtintensität von Leuchtbakterien zu bestimmen. Entsprechend dem geringen Leuchtvermögen der Bakterien wurde die Methode Bunsens in passender Weise modifiziert und als Vergleichsflamme nicht die Paraffinnormalkerze, sondern eine zehnkerzige, durch Milchglas und Irisblende verdunkelbare Glühlampe verwendet. Als Leuchtbakterien benützte der Verfasser 6 Vibrionenstämme von mehr oder minder intensiver Leuchtkraft, gezogen auf Nähragar in möglichst großen Kolonien. Die gewonnenen Zahlen waren außerordentlich klein, die Lichtintensität betrug, bezogen auf 1 qmm der Kolonie, im günstigsten Falle bei Vibrio Rumpel 0,000000000785 Hefnersche Lichteinheit. Um sich eine anschaulichere Vorstellung von der geringen Lichtintensität dieser Leuchtbakterien zu machen, versucht Lode zu berechnen, wie groß die Kolonienfläche sein müsse, die eine bekannte Lichtmenge, etwa die einer Normalkerze, ausstrahlt. Er erhält für unseren Fall als

Lichtintensität pro 1 qmm = 0,000000000785 Hefnerkerzen,
daher pro 1 qm = 0,000785 Hefnerkerzen,
daher pro 1000 qm = 0,785 Hefnerkerzen
= 0,562 deutsche Normalparaffinkerzen.

Um daher die Helligkeit einer Normalkerze durch Leuchtbakterien zu erzielen, bedarf es nach Lode einer Kolonienfläche von 2000 qm. Dies spricht allerdings nicht dafür, daß die Leuchtbakterien ein praktisch verwertbares Licht abgeben könnten, allein mir scheint, daß das Ergebnis der Intensitätsbestimmung nicht gar so niedrig ausgefallen wäre, wenn der Verfasser sich zu seinen Bestimmungen nicht bloß der Photovibrionen, sondern auch des stark leuchtenden Bacterium phosphoreum oder anderer intensiv leuchtender Bakterien bedient hätte.

Ich habe bereits in der 1. Auflage dieses Buches (p. 137) darauf aufmerksam gemacht, daß man den Grad der Schwärzung, den eine photographische Platte in einer bestimmten Zeit durch das Licht von Pilzen erfährt, zum Ausgangspunkt einer vergleichenden Messung dieses Lichtes machen könnte. Friedberger und Doepner[2]) haben diesen Vorschlag aufgenommen und ein Verfahren ausgearbeitet, das sehr anschauliche und gute Resultate ergab, wenn auch die Methode nicht ganz fehlerfrei ist. Die Verfasser machen z. B. mit Recht darauf auf-

---

1) Lode, Alois, Versuche, die optische Lichtintensität bei Leuchtbakterien zu bestimmen. Centralbl. f. Bakteriol. etc. Abt. I. Bd. XXXV. p. 524—527. Vgl. auch Centralbl. f. Bakteriologie etc. II. Abt. Bd. XXII. 1908. p. 421.

2) Friedberger, E., und Doepner, H., l. c. p. 1.

merksam, daß die chemische Wirkung der Strahlen eines Normallichtes von der der Photobakterien verschieden ist und daher die Intensität der Schwärzung mit der Intensität der sichtbaren Strahlen keineswegs parallel zu laufen braucht. Die Kulturen, Bouillon-, Agarröhrchen oder Agarplatten wurden stets in gleicher Entfernung und unter sonst gleichen Bedingungen vor dem Spalt aufgestellt und gleich lange (10—20 Minuten) der photographischen Platte exponiert. Die hierdurch auf derselben Platte erzielten Schwärzungen wurden mit denen einer genau bekannten Lichtquelle verglichen und der Grad der Schwärzung mittels eines von F. F. Martens herrührenden Apparates zur Bestimmung der Schwärzung photographischer Platten festgestellt

Die Helligkeit, die von 1 qm Leuchtfläche ausging, betrug bei einer Bouillonkultur 0,0000000068 Normalkerzen. Die gewonnenen Werte waren im allgemeinen zehnmal größer als bei Lodes Versuchen und ich bin überzeugt, daß man, wofern man solche Versuche mit der überaus stark leuchtenden Pseudomonas lucifera durchführen würde — dies wäre eine dankenswerte Arbeit — noch viel höhere Werte erhielte.

Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, daß man vielleicht durch künstliche Zuchtwahl die Intensität des Bakterienlichtes noch wird steigern können. Indem man unter Tausenden von leuchtenden Kolonien einer an und für sich schon stark leuchtenden Bakterienart die am intensivsten leuchtenden auswählt und unter ihren Nachkommen wieder die gleiche Auswahl trifft, könnte es ja, namentlich in Anbetracht der hier so raschen Aufeinanderfolge der Generationen in verhältnismäßig kurzer Zeit gelingen, besonders intensiv leuchtende Rassen zu züchten.

Beijerinck[1]) gibt bereits an, daß er durch fortgesetzte Selektion der stärker leuchtenden Kolonien von Photobacterium indicum anscheinend etwas besser leuchtende Nachkommen erhalten hat.

Auch steht, da die Zusammensetzung des Substrates von großem Einfluß auf die Leuchtkraft der Bakterien ist, zu hoffen, daß man in Zukunft durch eine bestimmte Qualität der Nährstoffe, durch Zusatz bestimmter Stoffe oder durch andere Faktoren das Maß der Lichtentwickelung wird steigern können. Vielleicht wird manchem der Leser das Gesagte wie allzu optimistisch gefärbte Zukunftsmusik klingen, allein wer vermag sich der Hoffnung zu verschließen, wenn man bedenkt, welch großartige Errungenschaften sich aus dem einfachen Bernsteinexperiment und aus dem Voltaschen Grundversuch im Laufe der Zeit

1) Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc. l. c. p. 7.

ergaben und wie oft ganz unscheinbare Erscheinungen später sehr große Bedeutung erlangt haben? — Von wesentlicher Bedeutung bei einer eventuellen praktischen Verwendung des Pilzlichtes ist die Eigenschaft, daß wir es hier mit einem kalten Licht zu tun haben, das entweder keine oder nur sehr geringe Mengen von Wärmestrahlen enthält. Dies scheint auf den ersten Blick der Annahme, daß es sich beim Leuchtprozeß der Pflanze um einen Oxydationsprozeß handle, zu widersprechen, allein das kalte Licht wird erklärlich, wenn man bedenkt, daß auch bei den von Radziszewski aufgefundenen leuchtenden Substanzen der Verbrennungsprozeß äußerst langsam vor sich geht und sich an außerordentlich geringen Mengen abspielt[1]).

Diese geringe Menge von Wärmestrahlen ist offenbar auch schuld daran, daß selbst das Licht mehrerer großer Bakterienlampen nicht imstande ist, ein empfindliches Radiometer in Bewegung zu setzen.

Auch war es mir nicht möglich, mittels Bakterienlichtes eine Phosphoreszenz von Leuchtpulvern hervorzurufen, obwohl diese für Sonnen- und Lampenlicht sehr empfindlich waren.

4. Das Spektrum des Pilzlichtes.

Begreiflicherweise hat das eigentümliche Licht, welches von Lebewesen ausgeht, auch verschiedene Forscher angeregt, seine spektrale Zusammensetzung zu erforschen, und mit Rücksicht auf die chemischen und physiologischen Leistungen des Pilzlichtes ist es auch in hohem Grade wünschenswert, das Pilzlicht nach seiner Zusammensetzung zu kennen.

Achard[2]) hat in seiner Abhandlung über das Leuchten des faulen Holzes als besondere Eigenschaft hervorgehoben, daß das Holzlicht „nicht durch gefärbte Gläser dringt und sich durch ein Glasprisma nicht in Farben zerlegen läßt". Einen ähnlichen Irrtum begeht Murray, wenn er 1827 bemerkt, daß das Licht der Lampyriden einfarbig sei und durch das Prisma keine Zerlegung erfahre[3]).

Aber schon Ludwig[4]), der zuerst die Spektra des Pilzlichtes genauer untersuchte, hat auf den Irrtum Achards aufmerksam gemacht. Er hat sowohl das Licht von Bakterien wie höherer Pilze mittels eines Sorby-Browningschen Mikrospektralapparates und mittels farbiger Gläser geprüft und das Spektrum des Hallimasch wie des

1) Radziszewski, B., l. c. p. 331.

2) Achard, Nouv. Mém. de l'Acad. Roy. de Berlin. 1783. p. 98.

3) Dittrich, R., Ueber das Leuchten der Tiere. l. c. p. 25.

4) Ludwig, F., Ueber die spektroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie etc. Bd. I. 1884. p. 181—190.

Micrococcus Pflügeri kontinuierlich gefunden; bei dem ersteren von 45—76 der Sorby-Brownschen Skala (für D = 50, E = 72,1, C = 76,1) und bei dem letzteren von der Fraunhoferschen Linie *b* bis ins Violette.

Forster[1]) hat, unterstützt von Engelmann, eine mikrospektrometrische Untersuchung des Lichtes einer Bakterie vorgenommen, die er von leuchtenden Seefischen rein gewonnen hatte. „Im Dunkelzimmer und in dem Engelmannschen Dunkelkasten mit Zeiß-Abbes Mikrospektralokular und der obersten Linse von Obj. 3 Leitz bei einer Spaltweite von $^1/_3$ mm beobachtet, nimmt man von einer etwa 1 mm im Durchmesser haltenden Kolonie ein anscheinend kontinuierliches Spektrum zwischen λ 0,58—0,43 wahr, dessen Helligkeit etwa bei 0,48—0,51 am stärksten ist und nach dem roten Ende zu rascher als nach dem violetten abnimmt. Das Spektrum eines schwachen galvanischen Glühlichtes (nach Engelmanns Konstruktion) von etwa der gleichen Gesamthelligkeit erschien gegen das des Bakterienlichtes weit nach Rot hin verschohen; das Maximum der Helligkeit lag hierfür etwa bei λ 0,60, während bereits bei λ 0,50 kein Licht mehr wahrzunehmen war. Die geringe Ausdehnung des Bakterienspektrums nach Rot und Violett beruht übrigens wesentlich wohl auf der Lichtschwäche des erhaltenen Spektrums. Farbenunterschiede innerhalb des Spektrums sind nicht zu erkennen, dagegen erscheinen, ohne Prisma betrachtet, die leuchtenden Kolonien grünlich oder selbst grünlichbläulich."

Die relativ große Leuchtkraft des Bacterium phosphoreum sowie der Besitz von verschiedenen Photobakterien und höheren Leuchtpilzen in Reinkulturen regte mich gleichfalls an, das Spektrum des Pilzlichtes einer vergleichenden Untersuchung zu unterwerfen. Zur Prüfung der spektralen Zusammensetzung des Pilzlichtes benützte ich das neue Vergleichsspektroskop[2]) aus der Werkstätte von Zeiß, welches die angenehme Eigenschaft besitzt, daß man die Wellenlänge des Lichtes an einer Skala direkt ablesen kann und gleichzeitig ein Vergleichsspektrum erblickt. Das Arbeiten mit diesem Spektroskop ist überhaupt im Vergleich zu anderen analogen Apparaten sehr bequem und angenehm.

Man kann die Leuchtkulturen in der Dunkelkammer entweder direkt unter die Oeffnung des Spektroskops bringen, oder es wird die Kultur behufs Abhaltung fremden Lichtes auf den Boden eines kleinen, lichtdichten Gefäßes gebracht, das oben eine Linse trägt. Sie bewirkt, daß die eine Spalthälfte des Spektroskops von dem Pilzlichte

1) Forster, J., Ueber einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol. etc. Bd. II. 1887. p. 339.

2) Eine genaue Beschreibung dieses Apparates gab F. Kohl in Bot. Centralbl. Bd. LXXIII. 1898. p. 349.

gleichmäßig ausgefüllt wird. Vor der Untersuchung wird der obere Teil des Spektroskops bis zur Berührung der erwähnten Linse herabgedrückt. Für das Vergleichsspektrum muß, da die Spektra des Pilzlichtes lichtschwach sind und infolgedessen auch gewöhnlich keine Farben zeigen, eine äußerst schwache Lichtquelle verwendet werden. Ich benütze hierzu die nur wenig leuchtende blaue Flamme eines Bunsenbrenners, die eben auch noch ausreicht, die Wellenskala genügend zu beleuchten. Infolge der geringen Lichtintensität der Spektra ist es meiner Meinung nach, selbst bei sehr langem Verweilen im Finstern, nicht gut möglich, ihre Ausdehnung mit der größten Genauigkeit anzugeben, die angegebenen Werte dürfen daher nur als approximative betrachtet werden. Ich betone diesen Punkt ausdrücklich, weil er gewöhnlich nicht genügend hervorgehoben wird, und weil ich nicht den Anschein erwecken will, als ob sich die Grenzen der Pilzlicht-Spektra bis auf einzelne Teilstriche der Wellenlängeskala genau bestimmen ließen.

Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch.

Junge, nur 3—6 Tage alte Gelatine-Strichkulturen von großer Leuchtkraft in Petrischalen dienten zur Untersuchung. Die Kultur kam entweder nach Abhebung der oberen Schale direkt zur Betrachtung, oder es wurde ein möglichst großes Stück der leuchtenden Gelatine in das

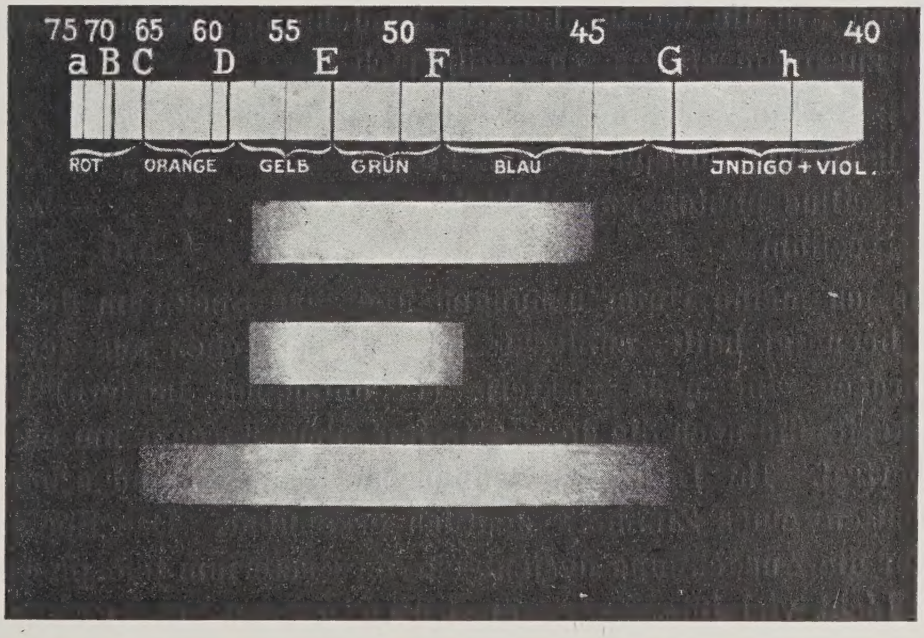


Fig. 14.
I Spektrum vom Sonnenlicht.
II „ von Bacterium phosphoreum.
III „ „ Mycelium x.
IV „ „ Pyrophorus noctilucus.
I—III Original, IV nach Langley und Very.

oben erwähnte lichtdichte Gefäß gebracht und auf die Linse desselben eingestellt. Das kontinuierliche Spektrum erstreckt sich von λ 570 bis λ 450, es umfaßt neben gelben und blauen Strahlen hauptsächlich grüne. Das ganze Spektrum erscheint matthell. (Fig. 14 II.)

Bacterium phosphorescens Fischer.
(Photobacterium phosphorescens Beijerinck.)

Das Spektrum des Lichtes dieser Bakterie stimmt mit dem der vorigen Art überein. Die Ausdehnung ist ebenso groß, das Licht etwas schwächer.

Bacillus photogenus Molisch.

Wenn man junge stark leuchtende Strichkulturen dieser Bakterien verwendet, so erweist sich das Spektrum bezüglich seiner Ausdehnung als identisch mit dem der vorigen Arten. Es läßt sich dies am besten beurteilen, wenn man die Spektra je zweier Bakterien direkt im Spektroskop vergleicht.

Mycelium x.

Das matte Licht des schneeweißen Mycelium gibt im Vergleiche zu den geprüften Bakterien ein viel schmäleres Spektrum. Fig. 14 III. Es reicht von 570 bis 480. Die größte Helligkeit herrscht im Grün. Untersucht wurde eine Reinkultur auf Brot.

Wenn wir die Werte über die Ausdehnung der einzelnen Pilzlichtspektra zusammenstellen, so ergibt sich für

Bacterium phosphoreum (Cohn) Molisch	λ 570 — λ 450
Bacterium phosphorescens Fischer	λ „ — λ „
Bacillus photogenus Molisch	λ „ — λ „
Mycelium x	λ 570 — λ 480

Als ich meine Untersuchungen über das Spektrum des Bakterienlichtes beendigt hatte, entdeckte ich auf Seefischen aus der Adria und der Nordsee eine neue Bakterie (Pseudomonas lucifera)[1]) von einer Leuchtkraft, die noch die des Bacterium phosphoreum um ein Bedeutendes übertraf. Ihr Licht war wunderbar blaugrün und schon bei Tage im Schatten eines Zimmers deutlich erkennbar. Das Spektrum hatte ungefähr die Ausdehnung desjenigen von Bacterium phosphoreum, allein da das Licht viel intensiver war, konnte man im Spektrum auch Farben unterscheiden: Grün, Blau und etwas Violett. Dies ist der erste Fall, daß im Spektrum des Lichtes einer Pflanze Farben gesehen wurden. Mehrere Personen,

1) Molisch, H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. l. c.

denen ich das Spektrum demonstrierte, bestätigten durchwegs meine Beobachtungen.

Es zeigte sich, daß die Spektra aller geprüften Pilze kontinuierlich[1]) ohne dunkle Linien sind, daß sie, abgesehen von der oben erwähnten Ausnahme, wegen ihrer geringen Lichtintensität keine Farben erkennen lassen, daß das Spektrum der genannten Bakterien nach dem violetten Ende eine größere Ausdehnung aufweist als das von höheren Pilzen, und daß im Pilzlichte neben den mehr zurücktretenden gelben und blauen Strahlen die grünen dominieren. Zur Veranschaulichung des Gesagten vergleiche man die Fig. 14. Es ist bemerkenswert, daß auch in dem Lichte von Pyrophorus noctilucus, also im Lichte eines Käfers[2]), und bei anderen Tieren, die grünen Strahlen überwiegen.

So haben Langley und Very[3]) das Spektrum der Leuchtorgane des eben genannten Käfers genau untersucht und dargetan, daß das Spektrum im Grün eine höhere Intensität aufweist, sich nach Rot weniger weit erstreckt und nach Violett früher und schärfer abschneidet als ein ebenso abgeschwächtes Sonnenlichtspektrum.

Die beiden genannten Forscher haben auch schon betont, daß es sich bei der Lumineszenz der Lebewesen um ein Licht fast ohne Wärme handelt. Sie bestimmten, indem sie gleichzeitig die von der Lumineszenz unabhängige tierische Wärme ausschlossen, auf bolometrischem Wege die von dem Spektrum der Leuchtorgane ausstrahlende Wärme und fanden, daß das Insektenlicht nur von so äußerst geringer Wärmestrahlung begleitet ist, daß man sozusagen von einem kalten Licht sprechen kann.

Die meisten künstlichen Lichtquellen, Leuchtgasflamme, elektrisches Glüh- und Bogenlicht, Kerzenlicht und andere Lichter arbeiten höchst unökonomisch, weil sie zuviel Wärme erzeugen und damit Energie verschwenden. Daher geht das Streben der modernen Beleuchtungstechnik dahin, ein Licht zu schaffen, das möglichst frei von Wärmestrahlen ist. Von dem Ideal eines solchen praktisch verwendbaren Lichtes ist man aber noch weit entfernt, die Natur aber hat dieses

1) Becquerel hat für das Licht zahlreicher Tiere (Lampyris, Pyrophorus, Lumbricus, Pholas, Pyrosoma, Pelagia noctiluca, Alegone papillosa und Umbellularia) schon früher denselben Satz aufgestellt. La lumière. 1867. I. p. 419.

2) Verworn, M., Allgem. Physiologie. 4. Aufl. Jena 1903. p. 270.

3) Langley, S. P. and Very, On the cheapest form of light, from studies at the Alleghany Observatory. Amer. Journ. of Scienc. 3. Series. Vol. XL. 1890. Vgl. auch Coblentz, W. W., Die Farbe des von Feuerfliegen und Leuchtkäfern (Lampyridae) ausgesandten Lichtes. Physikal. Zeitschr. Jahrg. XII. 1911. p. 917.

Ideal im Käfer- und Bakterienlicht bereits verwirklicht. Wäre dieses natürliche kalte Licht von stärkerer Intensität oder käme es einmal dahin, solches Licht künstlich zu erzeugen, so würde dies zweifellos eine große Umwälzung auf dem Gebiete der Beleuchtung hervorrufen.

Um die Frage zu prüfen, ob das Bakterienlicht ultraviolette Strahlen enthält, wurden folgende Versuche gemacht. Es wurde eine stark leuchtende Gelatinestrichkultur von Pseudomonas lucifera, die die Form eines Kreuzes bildete, in der Dunkelkammer in der Entfernung von etwa 4 mm mit einem Zeißschen Quarzobjektträger von etwa 1 mm Dicke bedeckt. Auf diesen legte ich ein schwarzes Papier, das in der Mitte einen rhomboidalen Ausschnitt hatte, und darauf eine photographische Platte. Es wurde zunächst 2 Minuten exponiert. Hierauf wurde mittels der anderen Hälfte der photographischen Platte derselbe Versuch gemacht, nachdem zuvor der Quarzobjektträger durch einen gewöhnlichen Glasobjektträger von derselben Dicke ersetzt worden war. — Glas absorbiert den größten Teil des ultravioletten Lichtes, Quarz hingegen läßt es bekanntlich durch. Wenn im Bakterienlicht viel ultraviolettes Licht vorhanden wäre, so hätte sich ein bedeutender Unterschied in der Einwirkung auf die photographische Platte ergeben müssen, je nachdem das Licht vorher den Quarz- oder den Glasobjektträger passiert hatte.

Nach der Entwickelung der Platten zeigte sich die dem Ausschnitte entsprechende Stelle gleichmäßig geschwärzt. Bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs, wobei die Expositionsdauer 2 Minuten bis 15 Sekunden betrug, war ein Unterschied überhaupt nicht zu bemerken oder ein sehr geringer, jedoch bald zugunsten des Quarzes, bald zu der des Glases. Selbst als ich eine Glasplatte verwendete, die in der Dicke die Quarzplatte um das 5-fache übertraf, konnte ich so gut wie keinen Unterschied merken.

Aus diesen Versuchen möchte ich schließen, daß im Bakterienlicht ultraviolette Strahlen, wenn überhaupt vorhanden, nur in geringer Menge vorkommen.

5. Die photographische Wirkung.

Bereits von mehreren Forschern wurden Versuche unternommen, im Bakterienlichte zu photographieren.

Wie ich aus einer Mitteilung von J. Forster[1]) entnehme, war es zuerst van Haren-Noman gelungen, Platten- und Strichkulturen von Leuchtbakterien nach mehrstündiger Exposition zu photographieren.

1) Forster, J., Ueber einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Centralbl. f. Bakt. etc. Bd. II. p. 337.

Gute Bilder erhielt auch B. Fischer[1]) mit Kulturen von drei verschiedenen Photobakterien, doch waren hierzu recht intensiv leuchtende Kulturen, sehr empfindliche Platten und eine lange Belichtung (12—36 Stunden) erforderlich. Die Bilder ließen nicht bloß die Kulturen sondern auch die Umrisse der Reagenzröhrchen und der Doppelschalen erkennen. An der Photographie eines leuchtenden Herings konnte man deutlich die einzelnen Schuppen sehen. Als eine Taschenuhr, von zwei Strichkulturen beleuchtet, photographiert wurde, konnte man die Stellung der Zeiger im Bilde gut ablesen.

Die besten Resultate in der Herstelleng von Photographien im Bakterielichte verdanken wir R. Dubois. Schon im Jahre 1886 hatte er mit Hilfe leuchtender Pyrophorus-Arten[2]) Photographien von den Büsten Claude Bernards und P. Perts hergestellt und später gelang es ihm auch, scharfe Bilder im Bakterienlichte zu erzeugen[3]). Er umgab die Büste Claude Bernards mit 13 leuchtenden Kolben, exponierte durch einige Stunden die photographische Platte und erhielt ein gelungenes Bild, welches die Leuchtgefäße und die Büste erkennen ließ.

Barnard[4]) erzeugte hübsche Photographien von leuchtenden Strich- und Plattenkulturen sowie von einem mit leuchtender Bouillon erfüllten Glaskolben.

Ich selbst habe die Einwirkung des Bakterienlichtes auf die photographische Platte eingehend studiert[5]) und teile darüber folgendes mit.

Ich benützte für meine Versuche ein Zeißsches Objektiv und zwar das Unar mit relativer Oeffnung 1 : 5 und 210 mm äqu. Brennweite. Für meine Zwecke war in Anbetracht der relativ geringen Lichtintensität des Pilzlichtes ein sehr lichtstarkes Objektiv notwendig, das gleichzeitig eine starke Annäherung an den zu photographierenden Gegenstand gestattete. Das Unar von Zeiß entsprach nach beiden Richtungen in vortrefflicher Weise.

Bezüglich der Versuchsanstellung sei noch bemerkt, daß alle photographischen Versuche in einer exakt eingerichteten Dunkelkammer ausgeführt wurden. Zur Verwendung gelangten meist Schleussners Gelatine-Emulsionsplatten 9 × 12. Als Lichtquelle diente, wofern nicht

---

1) Fischer, B., Centralbl. f. Bakt. Jahrg. II. 1888. Bd. III. p. 140 u. Bd. IV. p. 89.

2) Dubois, R., Les élaterides lumineux. Paris 1886.

3) Dubois, R., Das kalte Licht. Umschau. 1901. p. 221—224.

4) Barnard, J. E., Luminous Bacteria. Nature. 1902.

5) Molisch, H., Bakterienlicht und photographische Platte. Sitzber. d. Kais. Akad. zu Wien. Bd. CXII. Abt. I. 1903. p. 297—315. Vgl. auch Nadson, G., Sur la phosphorescence de bactéries. St. Petersburg 1903.

etwas anderes bemerkt wird, das Licht von Bacterium phosphoreum, rein gezüchtet auf Salzpeptongelatine.

a) Photographien von Bakterien in ihrem eigenen Lichte.

Fig. 2, Tafel I, zeigt uns die Photographie einer Petrischale mit sechs Tage alten, prachtvoll leuchtenden Kolonien des Bacterium phosphoreum nach 15-stündiger Expositionszeit. Es erscheinen nicht bloß die Kolonien mit aller nur wünschenswerten Schärfe, sondern auch die Umrisse der Petrischale. Sollen diese sichtbar werden, muß man für einen hellen Hintergrund der Schale sorgen. Man erreicht dies in bequemer Weise, indem man die Kulturschale in ein kleines, aufrecht stehendes Kästchen stellt, dessen offene innere Oberfläche ganz mit weißem Papier ausgeklebt war. So kann das Bakterienlicht nicht frei in den finsteren Raum der Dunkelkammer ausstrahlen, sondern wird von den weißen Wänden des Kästchens auf das Kulturgefäß derart reflektiert, daß die Umgebung der Schale stark erhellt wird, daß Spiegelungen und Reflexe erzielt und die Umrisse der Schale deutlich markiert werden.

Die um die Kolonien auftretenden Lichthöfe könnten vielleicht den Gedanken erwecken, daß nicht bloß die Kolonien leuchten, sondern daß diese durch Ausscheidung einer bestimmten Substanz auch ihre nächste Umgebung leuchtend machen. Man kann sich leicht überzeugen, daß dies nicht der Fall ist, sondern daß die Lichthöfe durch Lichtreflex zustande kommen. Stellt man im Finstern eine Petrischale mit leuchtenden Kolonien zur Hälfte auf weißes, zur Hälfte auf schwarzes Papier und betrachtet man sie mit wohl ausgeruhtem Auge, so sieht man bei den über dem weißen Papier befindlichen Kolonien wegen des Lichtreflexes deutliche Lichthöfe, bei den anderen aber nicht.

Schon eine Expositionsdauer von 5 Minuten genügt, um die Kolonien zu photographieren. Dann erscheinen aber die Kolonien nicht als gleichmäßig helle Scheiben, sondern gewißermaßen als Ringe oder, genauer gesagt, als Scheiben, deren Umfang viel heller ist als das Innere. Die Kolonien leuchten nämlich an ihrer Peripherie, wo die Vermehrung und das Wachstum der Bakterien vorwiegend stattfindet, und ihre Lebensenergie eine viel größere ist als im Innern, stärker. Bei alten, groß gewordenen Kolonien sieht man dies mit freiem Auge direkt, junge Kolonien aber erscheinen dem Auge längs ihrer ganzen Ausbreitung gleich hell; daß hier der Rand noch stärker leuchtet, lehrt uns erst die Photographie, z. B. Fig. 3, Tafel I, welche eine zehn Tage alte Kolonie von Bacterium phosphoreum im vergrößerten Maßstabe darstellt.

Auch von Strichkulturen erhält man schon nach $^1/_4$ Stunde deutliche Bilder. Soll aber im Bilde auch die Eprouvette mit dem Baumwollpfropf erscheinen, so muß für einen weißen Hintergrund gesorgt, und der Pfropf mit Leuchtbakterien getränkt werden. Durch Bestreichen der Rückseite der Platten mit Solarin können die Lichthöfe um die Eprouvette leicht vermieden werden. Die Fig. 4, Tafel I zeigt eine gelungene Photographie einer Strichkultur nach 6-stündiger Belichtung.

b) Photographien von Gegenständen im Bakterienlichte.

Mit der Schaffung einer guten und andauernd leuchtenden Bakterienlampe war auch die Möglichkeit gegeben, in bequemer Weise andere Gegenstände als die leuchtenden Bakterien selbst zu photographieren. Ich verfuhr dabei in folgender Weise: Eine 60 cm hohe und 60 cm breite Holzkiste ohne Deckel wurde in der Dunkelkammer auf den Tisch aufgestellt, nachdem ihre Innenwand mit weißem Papier vollständig ausgekleidet worden war. In dieser Kiste wurden neun gut leuchtende Bakterienlampen von je 1 l Volum untergebracht, und zwar wurden sechs an dem oberen Kistendeckel aufgehängt und drei seitlich horizontal gelegt, um das Objekt namentlich von oben und von einer Seite zu beleuchten. An die Rückwand kam der zu photographierende Gegenstand zu stehen. In dieser Kiste herrschte für das ausgeruhte Auge ein Licht, das mit seinem weichen und milden Ton am besten mit dem einer hellen Vollmondnacht zu vergleichen war.

Mit Hilfe des eben beschriebenen Arrangements wurden folgende Gegenstände im Bakterienlicht photographiert.

Fig. 5, Tafel I stellt die Photographie einer aus weißem Porzellan bestehenden Schiller-Büste dar nach 15-stündiger Expositionszeit.

Fig. 6, Tafel II zeigt eine Thermometerphotographie nach 14-stündiger Belichtung. Das Bild läßt an Schärfe nichts zu wünschen übrig, denn man kann bequem die Ziffern und Buchstaben, ja sogar den Quecksilberstand an der Skala ablesen.

Fig. 7, Tafel II ist die Photographie einer Buchdruckprobe nach 12-stündiger Exposition.

Will man scharfe und gute Bilder erhalten, so muß die Platte mehrere Stunden exponiert werden, allein es sei ausdrücklich hervorgehoben, daß unscharfe Bilder schon nach $^1/_4$ bis einer Stunde gewonnen werden können.

Daß das Bakterienlicht aber unter bestimmten Verhältnissen die photographische Platte schon nach ganz kurzer Zeit beeinflussen kann, zeigt sich, wenn man eine gut leuchtende Strichkultur auf einen undurch-

sichtigen, mit kreisförmigen Ausschnitten versehenen Karton, der eine lichtempfindliche Platte bedeckt, direkt auflegt.

Fig. 8, Tafel II zeigt die Wirkung des Bakterienlichtes nach einer Belichtung von 60, 30, 10, 5, 3 und 1 Sekunde und sie liefert den Beweis, daß das Bakterienlicht schon nach einer Sekunde eine deutliche Schwärzung hervorrufen kann.

Um wieviel schwächer das Licht der höheren Pilze auf die Platte wirkt, geht aus der Tatsache hervor, daß schön leuchtendes Mycelium X nach $^1/_4$ Stunde noch gar keinen merkbaren Einfluß auf Schleußnerplatten derselben Art ausübt, sondern erst nach etwa einstündiger Einwirkung. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß im Lichte von Mycelium X viel weniger blaue Strahlen vorhanden sind und das Spektrum nach der blauen Hälfte viel weniger weit reicht als das Bakteriumspektrum.

Mit Hilfe dieser Methode ist es möglich, die Intensität der photographisch wirksamen Strahlen des Pilzlichtes bei verschiedenen Pilzarten messend zu vergleichen.

6. Ueber die angebliche Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht nebst Bemerkungen über das Johanniskäferlicht[1]).

In einer Zeit, da die Röntgen- und Becquerelstrahlen und eine Reihe von radioaktiven Elementen entdeckt worden sind, die durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte einwirken, hat man sich begreifllicherweise auch gefragt, ob nicht auch von Lebewesen ausstrahlendes Licht analoge Wirkungen auszuüben imstande wäre. Mit einer gewissen Leidenschaftlichkeit wurde förmlich Jagd gemacht auf geheimnisvolle Strahlen; sogar im gewöhnlichen Sonnenlicht oder dem einer Petroleumflamme wollte Le Bon[2]) gewisse Strahlen, das „schwarze Licht", entdeckt haben, welches durch opake Körper hindurch auf die photographische Platte wirkt. Allein durch die Untersuchungen verschiedener Forscher und insbesondere von d'Arsonval[3]) wurde gezeigt, daß es sich in den Versuchen von Le Bon nicht um „schwarzes Licht" handle, sondern um eine Art Nachleuchten, und daß die fluoreszierenden Körper, namentlich die gelbgrün leuchtenden Gläser,

---

1) Die folgenden Angaben dieses Kapitels sind unverändert meiner Abhandlung über „Bakterienlicht und photographische Platte" l. c. p. 9 entnommen.

2) Le Bon, Gustave, La lumière noire. Comptes rendus T. CXXII. 1896. p. 188, 233, 386, 462, 522 et 1054.

3) d'Arsonval, Observations au sujet de la photographie à travers les corps opaques. Ebenda. p. 500.

Strahlen auszusenden vermögen, die dunkle Körper ähnlich wie die Röntgenstrahlen zu durchdringen vermögen.

Für uns von ganz besonderem Interesse ist die Behauptung Dubois' vom Bakterienlichte: „Seine Durchdringungskraft ist dagegen ähnlich den Röntgenstrahlen sehr erheblich, indem undurchsichtige Körper, wie z. B. Holz, Karton etc., kein Hindernis für die Erzeugung eines Bildes sind; dagegen vermag es auch das dünnste Aluminiumblättchen nicht zu durchdringen“ [1]). Auf Grund welcher Versuche der genannte französische Forscher zu diesem höchst auffallenden Resultate gekommen ist, und wo dieselben veröffentlicht worden sind, vermochte ich nicht ausfindig zu machen.

Die angeführte Behauptung Dubois' schien mir um so mehr einer Nachprüfung wert, weil Suchsland [2]) schon früher das Gegenteil behauptet hatte, nämlich daß das Licht von Bacterium phosphorescens undurchsichtige Körper nicht durchdringen könne, und weil auch bezüglich des Johanniskäferlichtes in seiner Beziehung zur photographischen Platte ganz merkwürdige und völlig rätselhafte Angaben gemacht worden sind.

Der japanische Physiker Muraoka [3]) legte Kupfer-, Aluminium-, Zink- und Messingplatten von gleicher Größe auf eine photographische Platte nebeneinander und zwischen die Platte und Metallplatten, um eine direkte Berührung der empfindlichen Schichte mit den Metallplatten zu verhindern, je eine Kartonunterlage, welche in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt hatte. Sodann wurde das Ganze mit schwarzem Papier drei- bis viermal umwickelt und auf den Boden eines flachen Kistchens gelegt. In das Kistchen brachte er schließlich etwa 300 Johanniskäfer, deren Wegfliegen durch ein Hanfnetz verhindert wurde.

Die Versuche liefen in einem guten photographischen Zimmer ab und währten zwei Nächte, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Käfer nur von etwa 6 Uhr abends bis 11 Uhr nachts leuchten. Er wollte mit diesem Versuche eruieren, ob die Käferstrahlen durch schwarzes Papier und die Metallplatten überhaupt hindurchgehen und auf die photographische Platte wirken und, wenn dies zutreffen sollte, ob sich

---

1) Dubois, R., Das kalte Licht. Die Umschau. 1901. p. 223.

2) Suchsland, E., Physikalische Studien über Leuchtbakterien. Sonderabdruck aus der Festschrift der Latina zur 200-jährigen Jubelfeier der Frankeschen Stiftungen und der lateinischen Hauptschule. Halle 1898. Ein Referat darüber im Zentralblatt für Bakteriologie etc. II. Abt. Bd. IV. p. 715.

3) Muraoka, H., Das Johanniskäferlicht. Wiedemanns Annal. d. Physik u. Chemie. Bd. LIX der neuen Folge (1896). p. 773.

die verschiedenen Metalle nicht als in verschiedenem Grade durchlässig erweisen würden.

Zu seiner großen Ueberraschung fand nun Muraoka, daß nicht die ausgeschnittenen Stellen des Kartons geschwärzt waren, sondern ganz gegen alle Erwartung die von dem Karton unmittelbar berührten Stellen der photographischen Platte. Die den Ausschnitten entsprechenden Stellen blieben im Negativ hell! Muraoka nennt diesen Versuch das „Saugphänomen". Wurde derselbe Versuch aber ohne Metall ausgeführt, so daß eine Kartonscheibe mit Ausschnitt allein auf die photographische Platte zu liegen kam, so zeigte sich die Ausschnittsstelle ganz schwarz und die vom Karton berührte Fläche nur wenig angegriffen. „Es scheint also", so meint der Verfasser nach Ausführung dieser und einiger anderer Experimente, „für den Eintritt des Saugphänomens notwendig zu sein, daß die Kartonscheibe mit Ausschnitt direkt auf die photographische Platte zu liegen kommt und darauf eine Metall- oder Kartonplatte gelegt wird, welche die durch mehrere Schichten von schwarzem Papier filtrierten Käferstrahlen noch einmal filtriert." Nach diesen ebenso merkwürdigen wie rätselhaften Befunden mußte es gewiß verlockend erscheinen, nachzusehen, ob, wie Dubois angibt, Bakterienlicht durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte wirkt und ob, wie Muraoka für das Käferlicht gefunden haben will, das Bakterienlicht nach der Filtration mittels schwarzen Papiers, Metalle oder Kartons nicht analoge Erscheinungen darbietet.

Daß das Bakterienlicht bei direkter Einwirkung auf die photographische Platte wie Tageslicht einwirkt, darüber kann kein Zweifel sein; dies lehren, wie wir gesehen haben, die einschlägigen Versuche. Wie aber verhält es sich mit der Durchdringung opaker Körper?

Um diese Frage zu lösen, wurden empfindliche photographische Trockenplatten (Schleußners Gelatine-Emulsionsplatten) zunächst mit schwarzem Papier mindestens zweimal umwickelt, in ein schwarzes, nach oben offenes Schächtelchen gelegt und darauf eine stark leuchtende Bakterienlampe von 1 l Volum gestellt. Das Ganze wurde in der Dunkelkammer noch mit einem schwarzen Pappsturz bedeckt. Bei einer Expositionszeit von mehreren Tagen erwies sich das schwarze Papier als undurchlässig. Wurde hierauf in das Papier ein kreisförmiger Ausschnitt gemacht, so daß das Bakterienlicht innerhalb des ausgeschnittenen Feldes direkt auf die Platte wirkte, so wurde der Ausschnitt bei der Entwickelung vollständig geschwärzt, und hierzu genügten Bruchteile einer Minute.

In ganz derselben Weise wurden Versuche mit anderen undurchsichtigen Körpern gemacht. Ich verwendete zunächst einen grauen Karton (Pappendeckel) von 1—2 mm Dicke. Um seitliches Licht abzuhalten, gab ich die empfindliche Platte in eine der gewöhnlichen Blechschablonen, wie sie bei photographischen Aufnahmen verwendet werden, legte auf die empfindliche Schicht den Karton und darauf kam die Bakterienlampe. Anstatt dieser benützte ich, um dem Einwand zu begegnen, daß möglicherweise das von den Bakterien ausstrahlende ultraviolette Licht von der Glaswand der Lampe absorbiert werden könnte, auch mit Strichkulturen versehene, unbedeckte Petrischalen, die mit der offenen Seite auf den undurchsichtigen Körper so aufgelegt wurden, daß das Licht, ohne Glas und Gelatine passieren zu müssen, direkt in den Karton eindringen konnte.

Auch in diesen Versuchen blieb die Schwärzung aus, der verwendete Karton erwies sich also für das Bakterienlicht ebenfalls impermeabel.

Platten von Zinn 0,8 mm, Aluminium 0,5 mm und Kupfer 0,7 mm Dicke verhielten sich ebenso.

Diese Befunde stehen im Gegensatz zu den vorhin zitierten Angaben von Dubois, an denen er, ohne sich auf neue Experimente zu stützen, noch heute festhält [1]). Es blieb also noch übrig, diesen Widerspruch zu erklären. Aus diesem Grunde machte ich, um nicht etwa dem um die Lehre von der Lichtentwickelung der Lebewesen verdienten französischen Forscher unberechtigterweise zu widersprechen, unter peinlicher Beachtung verschiedener Vorsichtsmaßregeln weitere Versuche. Zunächst arbeitete ich mit noch intensiveren Lichtquellen. Ich verwendete 2—9 meiner großen Bakterienlampen, ohne aber ein anderes Resultat zu erzielen. Sodann arbeitete ich mit verschiedenen Arten von undurchsichtigen Kartons und bekam dabei sehr ungleiche und verwirrende Resultate. Schließlich stellte sich heraus, daß bei Verwendung gewisser Kartons, besonders bei Benützung eines gelbbraunen Pappdeckels, regelmäßig eine Schwärzung eintrat, und schon glaubte ich, Dubois recht geben zu müssen, als ich durch Kontrollversuche fand, daß diese Schwärzung mit dem Bakterienlicht gar nichts zu tun hat, sondern auch ohne dieses eintritt, einfach durch Auflegen des gelben Kartons auf die empfindliche Schicht. Im weiteren Verfolg dieser Tatsache zeigte sich, daß mäßige Feuchtigkeit und

---

1) Dubois, R., Revue scientifique. Sér. 5. T. IV. 1905. p. 699. Derselbe, Sur les propriétés de la lumière physiologique. Compt. rendus. Paris 1912. T. CLIV. p. 1001.

Wärme die Einwirkung des Kartons in hohem Grade zu verstärken vermögen. Wenn man einen derartigen Karton auf mehrere Stunden in einen feuchten Raum bringt, dann auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte legt, das Ganze mehrmals mit schwarzem Papier umwickelt und bei 25—30° etwa 15 Stunden im finsteren Thermostaten liegen läßt, so wird die Platte, soweit sie mit dem Karton in unmittelbarer Berührung war, bei der Entwickelung intensiv geschwärzt [1]).

Unter diesen Verhältnissen verhalten sich verschiedene Kartons graduell verschieden, manche wirken auf das Bromsilber ausgezeichnet ein, manche wenig, manche wieder fast gar nicht. Im allgemeinen wirken nach meinen Beobachtungen die grauen Kartons schwach, die gelbbraunen stark. Analoges gilt von verschiedenen Papieren und von Metallen, die durch die Atmosphärilien angegriffen worden waren.

In völliger Uebereinstimmung hiermit stehen, wie ich nachträglich aus der Literatur ersah, auch die Angaben von Russel [2]). Er fand, daß die Metalle Quecksilber, Magnesium, Cadmium, Zink, Nickel, Aluminium, Antimon, Kobalt, Blei und die organischen Körper Kopal, Dammar, Kanadabalsam, verschiedene Gummiarten, Holzarten, Stroh, Heu, Bambus, Zeitungspapier und andere empfindliche photographische Platten nach verschieden langer Exposition beeinflussen. Aber auch Russel ist der Ansicht, daß es sich hier nicht um Strahlen sondern um Stoffe oder Dämpfe, die von den betreffenden Körpern ausgehen, handelt.

Eine zweite Ursache der Täuschung kann in der allzu langen Entwickelung der Negative liegen, bei welcher bekanntlich je nach der Natur des verwendeten Entwicklers eine mehr oder minder starke Schleierung oder Schwärzung eintritt — ebenfalls ganz unabhängig von der Beleuchtung. Bei Nichtbeachtung dieser Erfahrung und bei Mangel von Kontrollversuchen könnte man geneigt sein, die auftretende Schwärzung auf eine Lichtwirkung zurückzuführen.

---

1) Bei den im Handel vorkommenden Platten ist es, um eine Berührung der übereinander geschichteten Platten zu verhindern, vielfach üblich, kleine Kartonstückchen dazwischen zu legen. Bei der Entwickelung derartiger Platten stellt sich an den Stellen, wo das Kartonstückchen lag, gleichfalls eine seiner Gestalt genau entsprechende Schwärzung ein, welche das Negativ verunstaltet. Von der Verwendung solcher Kartons als Zwischenlage muß daher nachdrücklichst abgeraten werden.

2) Russel, W. J., Proceedings of the Royal Society. 1897. Vol. LXI. Vgl. auch Eder, J. M., A. Handbuch der Photographie. 1903. Teil III. p. 91.

Halte ich mir diese möglichen Fehlerquellen, sowie noch eine Reihe anderer Umstände, die beim Photographieren irreführen können [1]), vor Augen, so komme ich mit Rücksicht auf die Resultate meiner Versuche zu dem Schlusse, daß das Bakterienlicht die photographische Platte wie gewöhnliches Tageslicht beeinflußt, und daß jenes ebensowenig wie dieses undurchsichtige Körper zu durchdringen vermag. Meine an Kartons gemachten Erfahrungen werfen aber gleichzeitig ein helles Streiflicht auf Muraokas „Saugphänomen". Denn wenn es Kartons gibt, die direkt auf die Platte einwirken und hier bei inniger Berührung Schwärzung hervorrufen, so liegt der Verdacht nahe, daß bei den Versuchen Muraokas, insbesondere bei seinem Saugphänomen, der jeweilig verwendete Karton direkt und unabhängig vom Käferlicht eine bedeutungsvolle Rolle gespielt haben dürfte. Es darf nicht außer acht gelassen werden, daß eben verschiedene Kartons sich verschieden verhalten, daß die wirksamen Kartons verschieden reagieren, je nachdem die Temperatur hoch oder niedrig ist und je nachdem die Luft, in der die Kartons liegen, feucht oder trocken ist. Bei regnerischem Wetter und günstiger Temperatur werden sie daher die Platte stark angreifen, bei trockenem Wetter und niedriger Temperatur aber viel weniger.

Wie schön Muraokas „Saugphänomen" ohne Käferlicht, überhaupt ohne jedes Licht gelingt, einfach durch Auflegen des Kartons auf die empfindliche Schicht einer photographischen Platte, lehrt das Positiv in Fig. 9, Tafel II. Die Ausschnitte erscheinen im Negativ hell, der übrige Teil der Platte, soweit sie vom Karton bedeckt war, schwarz. Die zahlreichen unregelmäßigen hellen Flecke bedeuten Stellen, wo der Karton nicht unmittelbar auflag. In Fig. 10, welche das Positiv darstellt, ist selbstverständlich Hell und Dunkel verkehrt.

Nach Muraoka ist auch Holz für Käferlicht durchlässig. Er sagt: „Auffallend ist die Photographie von der Holzplatte; die Stellen der Fasern sind mehr angegriffen als die weicheren Stellen, also gerade umgekehrt wie bei den Filtrationen durch Papierschichten oder durch Karton" [2]).

Nachdem ich mich überzeugt, daß gewisse Kartons und Papiere das Saugphänomen allein ohne Licht erzeugen, und da ich gefunden, daß in meinem wirksamen Karton laut mikroskopischer Untersuchung viel Holzfasern enthalten waren, so kam ich auf den Gedanken, daß

1) Vgl. darüber Colson, R., Rôle de différentes formes de l'énergie dans la photographie au travers des corps opaques. Comptes rendus. T. CXXII. 1896. p. 598.

2) Muraoka, H., l. c. p. 777.

Hölzer die Platte gleichfalls angreifen könnten. Der Erfolg war über jede Erwartung überraschend. Als ich auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte eine etwa 1 cm dicke Stammscheibe von Eichenholz und Buchenholz (Fagus silvatica), die an ihrem Querschnitt sorgfältig geglättet waren und jahrelang in der Sammlung gelegen hatten, legte, dann das Ganze mit schwarzem Papier umwickelte und im finsteren Thermostaten bei 25—35° C 15 Stunden liegen ließ, ergab sich folgendes höchst auffallende Bild (Fig. 10, Tafel II): Die Stammscheiben kamen bei der Entwickelung mit allen makroskopisch sichtbaren Einzelheiten heraus: Markstrahlen, Jahresringe, Porenringe, die Grenze zwischen Holz und Rinde, all das ist im Bilde genau zu erkennen. Wie bei Kartons und Papier begünstigen Feuchtigkeit und höhere Temperatur (30°) das Phänomen in hohem Grade.

Daß es sich hier nicht um ein Nachleuchten, nicht um eine Kontaktwirkung, sondern um eine chemische Wirkung handelt, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den eben geschilderten Versuch genau in der beschriebenen Weise, nur mit dem Unterschiede macht, daß man zwischen das Holz und die empfindliche Schichte eine wohlgereinigte Glasplatte (einen Objektträger) legt. Es unterbleibt dann, soweit der Objektträger reicht, jegliche Schwärzung, das über den Objektträger vorspringende Holz wirkt aber dennoch (allerdings schwächer) auf das Bromsilber ein, obwohl das Holz die empfindliche Schichte nicht berührt. Meiner Meinung nach ist es ein aus dem Holz abdunstender flüchtiger Körper, der den Angriff auf das Bromsilber bedingt. Wenn man zu dem Holze, welches längere Zeit bei einer Temperatur von etwa 30° lag, riecht, so läßt es einen eigentümlichen, ziemlich starken Duft erkennen, ein Beweis dafür, daß das Holz flüchtige Körper aussendet. Wirken also nicht bloß Kartons und Papiere, sondern auch verschiedene Hölzer direkt in so auffallender Weise auf die photographische Platte, so wird man sich den Versuchen Muraokas gegenüber sehr skeptisch verhalten müssen, und ich neige zur Ansicht, daß das Käferlicht bei dem Saugphänomen gar nicht beteiligt war, sondern daß dieses ohne Licht durch direkte chemische Einwirkung der auf der Platte liegenden Gegenstände hervorgerufen wird, wodurch die so überaus merkwürdigen und den Physikern so ganz unverständlichen Befunde des japanischen Autors eine einfache Erklärung finden. Muraokas Versuche müßten von neuem unter Ausschluß der von mir aufgedeckten Karton- und Holzwirkung ausgeführt werden, und wenn sie dann auch die ursprünglichen Resultate geben sollten, was ich aber bezweifeln möchte, dann erst könnte man sich zu seiner Ansicht bekehren, daß filtriertes Käferlicht besondere Eigenschaft aufweise.

Vielleicht war Muraoka seiner Sache selbst nicht ganz sicher, da er mit Rücksicht auf die relativ kurze Johanniskäferzeit gleich am Beginne seiner Abhandlung die Bemerkung macht: „Die Versuche konnten daher nicht systematisch genug ausgeführt und nicht oft genug wiederholt werden, um Schlüsse mit Sicherheit daraus zu ziehen."

Hinzufügen möchte ich noch, daß er bei seinen Experimenten 300 bis 1000 Käfer verwendete, die zwischen den Versuchen, also wenn sie nicht gebraucht wurden, um sie frisch zu erhalten, mit Wasser bespritzt wurden. So viele Käfer werden dann während des Experimentes durch Transpiration in einem kleinen Kistchen gewiß einen sehr feuchten Raum erzeugt haben. Erwägt man ferner, daß die Versuche zur Johanniskäferzeit in Japan gemacht worden sind, so waren jene beiden Faktoren, Wärme und Feuchtigkeit, von welchen wir nachwiesen, daß sie die chemische Wirkung des Kartons auf die photographische Platte in hohem Grade begünstigen, gegeben und damit auch die Bedingungen für das Saugphänomen (ohne Licht!) realisiert. Kontrollversuche ohne Käferlicht scheint Muraoka überhaupt nicht ausgeführt zu haben, wenigstens findet sich in der ganzen Abhandlung keine Bemerkung darüber.

7. Heliotropismus im Bakterienlichte.

Die heliotropische Empfindlichkeit gewisser Pflanzen ist bekanntlich eine erstaunlich große. Verdanken wir doch Wiesner[1]) einen Versuch, der beweist, daß etiolierte Keimlinge der Wicke auf Helligkeitsunterschiede so minimaler Art reagieren, wie wir es selbst nicht vermögen, und daß man die Wicke geradezu als physiologisches Photometer verwenden kann. Stellt man zwischen zwei, etwa 3 m voneinander entfernte Gasflammen, welche mittels eines Bunsenschen Photometers auf gleiche Helligkeit gebracht wurden, genau in die Mitte einen etiolierten Wickenkeimling, so wendet sich der Keimling und zwar bei mehrmaliger Wiederholung des Versuchs gewöhnlich derselben Flamme zu. Die eine Flamme leuchtet etwas intensiver, das menschliche Auge vermag diese Helligkeitsdifferenz nicht mehr zu erkennen, wohl aber die Wicke.

Nach den Untersuchungen von Figdor[2]) ist zwar die heliotropische Empfindlichkeit im Pflanzenreiche eine verschieden große, im

1) Wiesner, J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschrift. d. Kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. XXXIX. 1878. I. Teil. p. 43 des Separatabdruckes.

2) Figdor, W., Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Sitzungsberichte. Ebenda. Bd. CII. Abt. I. Febr. 193. Vgl. auch Fröschel, P., Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit. II. Mitteil. Ebenda. 1909. p. 1247.

günstigsten Falle eine geradezu überraschende, da manche Pflanzen bereits durch eine Lichtintensität zu heliotropischen Krümmungen veranlaßt werden, die noch unter der von 0,0003262 Normalkerzen liegt.

Es war mir daher nicht unwahrscheinlich, daß auch das von Bakterien ausstrahlende Licht, insbesondere das so intensive des Bacterium phosphoreum gleichfalls Heliotropismus hervorrufen könnte, und meine in dieser Richtung unternommenen Versuche[1]) haben dann diese Vermutung auf das glänzendste bestätigt. Ueber die Versuchsanstellung seien aus meiner Abhandlung folgende Daten angeführt.

Versuche:

Keimlinge verschiedener Art wurden bei vollkommenem Abschluß von Licht in kleinen Blumentöpfen gezogen. Sobald sie eine entsprechende Höhe — bei Erbse, Wicke, Linse etwa 2—5 cm — erreicht hatten, wurden sie zu den Versuchen verwendet. Vor dem auf einer Tonschale stehenden Blumentopfe wurde eine drei Tage alte Eprouvette-Strichkultur, welche stark leuchtete, so befestigt, daß sich der leuchtende Strich vor den Keimlingen befand und diese von den Bakterien bestrahlt wurden. Noch vorteilhafter ist es, die Eprouvette mit dem leuchtenden Strich in die Nähe der wachsenden Stengelregion horizontal zu stellen, es wachsen dann viele Keimlinge horizontal direkt auf die leuchtende Linie zu.

Die Keimlinge dürfen nicht weiter als 1—10 cm von der Lichtquelle entfernt sein. Sie wurden mit einem Zinnsturz bedeckt, behufs Herstellung eines feuchten Raumes unten mit Wasser abgesperrt, und um einen tadellosen Lichtabschluß zu erzielen, wurde über das Ganze noch ein großer schwarzer Pappsturz gestülpt.

Die Versuche verliefen in einem Laboratoriums-Zimmer, dessen Temperatur etwa zwischen 15—18° C schwankte. Bekanntlich werden durch minimale Spuren von Leuchtgas und anderen Körpern, die sich fast ständig in der Laboratoriumsluft vorfinden, gewisse Keimlinge[2]) (Erbse, Linse, Wicke, Kartoffel) in ihrem Längenwachstum gehemmt und im Dickenwachstum gefördert und zu abnormen Krümmungen

---

1) Molisch, H., Ueber Heliotropismus im Bakterienlichte. Sitzungsber. d. Kais. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. CXI. Ab. I. 1. März 1902.

2) Neljubow, D., Ueber die horizontale Nutation der Stengel von Pisum sativum etc. Botan. Centralbl. Beihefte Bd. X. 1901. Heft 3. Molisch, H., Ueber Heliotropismus im Bakterienlichte. l. c. Richter, Oswald, Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Berichte d. Deutschen botan. Gesellschaft. 1903. p. 180. Singer, Maximilian, Ueber den Einfluß der Laboratoriumsluft auf das Wachstum der Kartoffelsprosse. Ebenda. p. 175.

veranlaßt. Sie wachsen nicht mehr aufrecht, sondern mehr minder horizontal, der negative Geotropismus scheint unter dem Einflusse der Luftverunreinigungen wie ausgelöscht, und, da er dem Heliotropismus nicht entgegenwirkt, kommt dieser in größerer Reinheit zur Geltung.

Die heliotropischen Versuche gelingen aus diesem Grunde im Laboratorium besonders schön, viel weniger gut in der reinen Luft eines Gewächshauses, weil der Geotropismus hier in voller Stärke dem Heliotropismus entgegenzuarbeiten vermag.

Höhere Temperaturen sind bei unseren Versuchen zu vermeiden, da das Bacterium phosphoreum niedere Temperaturen bevorzugt, und bei höherer Temperatur die Gelatine leicht verflüssigt werden könnte. Als Lichtquelle verwendete ich neben Strichkulturen auch leuchtende Milch in kleinen Erlenmeyerkolben und meine Bakterienlampen. Es sei mir gestattet, einige Versuche genauer zu schildern.

Saatwicke, Vicia sativa.

24 Stunden nach Beginn des Versuchs krümmen sich sämtliche 12 Keimlinge unterhalb der nutierenden Spitze dem Lichte zu. Nach drei Tagen erscheinen die Keimstengel in höchst auffallender Weise dem leuchtenden Striche zugeneigt.

Linse, Ervum Lens.

Schon nach 24 Stunden waren alle Keimlinge heliotropisch gekrümmt. In den folgenden Tagen wuchsen sie direkt auf die vertikal stehende leuchtende Eprouvette zu, an ihr sich anschmiegend, um die Proberöhre herum, so daß es den Anschein erweckte, als ob sie um die gefundene Stütze zirkumnutieren würden. Sie wuchsen also, sowie eine Seite der Eprouvette erreicht war, nicht gerade weiter, sondern krümmten sich, weil sie nun die Lichtquelle seitlich oder rücklings hatten, immer dieser folgend, um die Strichkultur herum — ein schöner Beweis für die heliotropische Kraft des Bakterienlichtes.

Erbse, Pisum sativum.

Ich versuchte, ob es gelingen würde, die sich horizontal heliotrophisch krümmenden Keimlinge sogar aus der horizontalen Lage herauszubringen, wenn man die Lichtquelle tiefer als die Keimlinge stellt. Der Versuch gelang ausgezeichnet. Leuchtende, mit Bacterium phosphoreum infizierte Milch in einem Kölbchen so vor die Keimlinge gestellt, daß die leuchtende Milchschichte viel tiefer als die wachsende

Region der Keimstengel sich befand, veranlaßte die Keimlinge, sich heliotropisch zur Lichtquelle zu krümmen, um dann schief nach abwärts auf die Milch zuzuwachsen.

Xylaria Hypoxylon.

Diesen Pilz kultiviere ich seit mehreren Jahren mit Vorliebe in Reinkulturen auf Brot, da er wochenlang die Ausscheidung von Wassertropfen (Guttation) an den Fruchtträgern zeigt und sich für heliotropische Experimente in ausgezeichneter Weise eignet. Xylaria-Kulturen sollten in keinem botanischen Institute fehlen. Als ich eine Kultur in Erlenmeyerkolben vor eine Strichkultur stellte, trat innerhalb acht Tagen

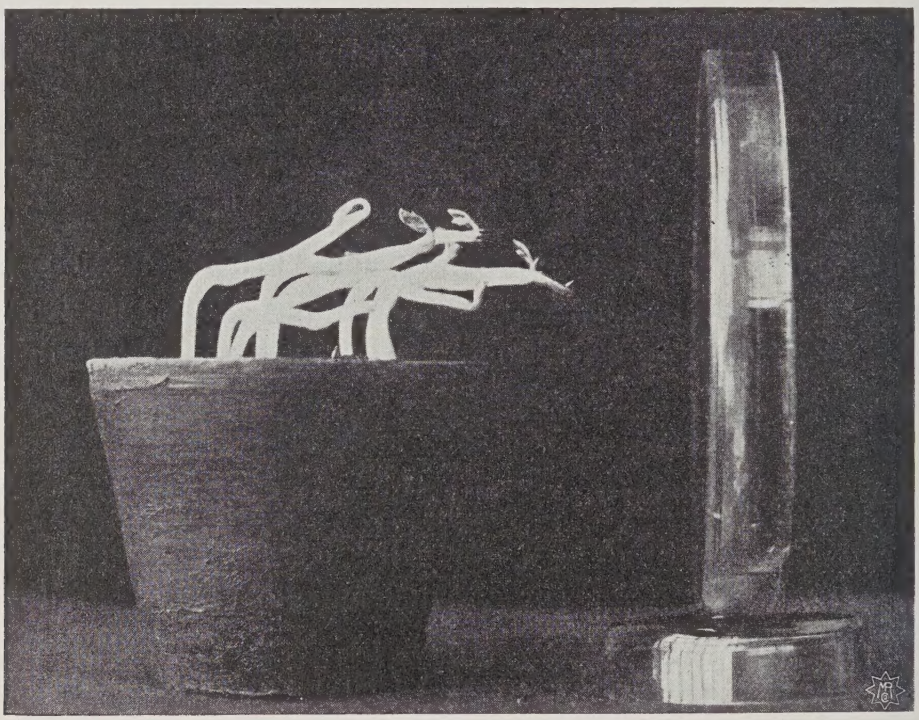


Fig. 15. Positiver Heliotropismus von Erbsenkeimlingen, hervorgerufen durch das Licht mehrerer leuchtender, in einer Petrischale befindlicher Strichkulturen von Bacterium phosphoreum. Alle Keimlinge erscheinen zum Bakterienlichte hingekrümmt.

kein Heliotropismus ein. Vor fünf Strichkulturen fand aber schon nach vier Tagen eine sehr deutliche positiv heliotropische Krümmung bei nahezu allen (40) Fruchtträgern statt.

Phycomyces nitens Kunze reagiert, schon weil er rascher wächst, noch viel empfindlicher, denn schon nach einem Tage veranlaßte eine einzige Strichkultur heliotropische Krümmungen.

Bezüglich weiterer Versuche sei auf meine vorhin zitierte Abhandlung verwiesen, hier wird es genügen, hervorzuheben, daß das Bakterienlicht bei heliotropisch empfindlichen Pflanzen sehr deutlichen positiven Heliotropismus hervorzurufen

vermag[1]) und daß sich für derartige Experimente besonders geeignet erwiesen Keimlinge der Linse, Saatwicke, Erbse (s. Fig. 15), des Mohns und von Pilzen die Fruchtträger von Phycomyces nitens Kunze und Xylaria Hypoxylon L. Es kommt demnach dem Bakterienlichte neben seiner chemischen Wirkung auf die photographische Platte auch eine physiologische zu, insofern als es bei zahlreichen Pflanzen Heliotropismus hervorzurufen vermag.

8. Bakterienlicht und Chlorophyllbildung.

Da die Chlorophyllbildung schon bei sehr geringen Helligkeiten des Sonnenlichtes und künstlicher Lichtquellen zustande kommt, so war es von vornherein nicht undenkbar, daß auch im Bakterienlichte Blattgrün entstehen könnte. Ein sichtbares Ergrünen der Keimlinge fand — dasselbe beobachtete später auch Richter[2]) — im Lichte der Photobakterien nicht statt, selbst als ich als Lichtquelle eine große zwei Liter-Bakterienlampe benützte. Niemals war mit freiem Auge bei Versuchen mit Erbsen, Wicken, Linsen, Roggen, Hafer und Klee eine Spur eines Ergrünens zu bemerken.

Issatchenko[3]) hat, angeregt durch meine Arbeit über Heliotropismus im Bakterienlichte[4]), auch meine Versuche über den Einfluß dieses Lichtes auf das Ergrünen fortgesetzt, ein sichtbares Ergrünen auch nicht beobachtet, glaubt aber aus seinen Experimenten schließen zu dürfen, daß Spuren von Chlorophyll entstehen, die spectraliter nachgewiesen werden konnten. Er arbeitete mit Keimlingen des Klees, Roggens und Hafers. Als Lichtquelle benützte er das Photobacterium phosphorescens. Er schildert 4 Versuche (1—4).

1. Kleekeimlinge wurden 24 Stunden durch eine Strichkultur beleuchtet. Das Resultat war positiv, spektroskopisch war Chlorophyll nachzuweisen.

2. Roggenkeimlinge waren 10 Stunden einem starken Bakterienlichte unter einer Glasglocke ausgesetzt. Hier wurde Chlorophyll nicht gebildet.

---

1) Eine Bestätigung erfuhren meine Versuche durch G. Nadson, l. c. p. 27.

2) Richter, O., Ueber den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. CXV. 1906. Abt. I. p. 298.

3) Issatchenko, M. B., Quelques expériences avec la lumière bactérienne. Centralbl. f. Bakt. etc. II. Abt. Bd. X. 1903. p. 497—499. Derselbe, Zur Erforschung des Bakterienlichtes. Ebenda. Bd. XIX. 1907. p. 116—117.

4) Molisch, H., l. c. p. 147.

3. Haferkeimlinge genossen 24 Stunden das Licht leuchtender Eprouvetten und eines kleinen Erlenmeyerkolbens. Der gelbe Auszug zeigte das Chlorophyllband.

4. Haferkeimlinge im Lichte eines kleinen Erlenmeyerkolbens gaben nach 24 Stunden ein grünliches Extrakt mit dem Chlorophyllband.

Es handelt sich hier gewiß nur um äußerst geringe Spuren von Chlorophyll, denn wenn man relativ dünne Schichten der alkoholischen Auszüge prüft, sieht man von dem charakteristischen Band zwischen B und C nichts, wohl aber ist dies nach Issatchenko der Fall, wenn man 40 cm hohe Schichten untersucht.

Wenn im Bakterienlichte kein sichtbares Ergrünen der Keimlinge stattfand, so kann die Ursache entweder in der Natur des Lichtes oder in seiner geringen Intensität liegen. Da aber nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Wiesner[1]) und Reinke[2]) allen sichtbaren Strahlen des Spektrums die Fähigkeit, Ergrünen hervorzurufen, zukommt, so dürfen wir wohl schließen, daß das Nichtergrünen der Keimlinge im Bakterienlichte auf dessen geringe Intensität zurückzuführen ist. Es ist also zu erwarten, daß bei Verstärkung des Bakterienlichtes sichtbares Ergrünen eintreten könnte.

9. Hat das Pilzlicht eine biologische Bedeutung?

Die momentane, blitz- oder funkenartige Erzeugung von Licht und das plötzliche Ausstoßen eines leuchtenden Sekretes bei verschiedenen Tieren hat sicher eine biologische Bedeutung, sei es, daß die Tiere ihre Feinde damit zu erschrecken oder anzulocken oder ihre Umgebung zu beleuchten trachten, um die Beute leichter zu erhaschen. Die wunderbaren Ergebnisse der Tiefseeforschung, insbesondere die Entdeckung verschiedener in tiefster Finsternis lebender Fische und Krebse mit höchst kompliziert gebauten Leuchtapparaten machen es wohl zweifellos, daß vielen Tieren aus ihrer Fähigkeit, Licht zu entwickeln, ein bestimmter Nutzen erwächst.

Viel schwieriger jedoch ist die Frage mit Rücksicht auf die Bakterien und höheren Pilze zu beantworten. Bestände eine Symbiose zwischen gewissen Tieren und Leuchtbakterien, wie dies früher von Dubois für Pholas und die Qualle Pelagia noctiluca angenommen wurde, so könnte man wenigstens in diesen Fällen von einer Bedeutung des Bakterienlichtes für das Tier sprechen, allein ich habe schon früher

---

1) Wiesner, J., Entstehung des Chlorophylls. 1877. p. 59.
2) Reinke, J., Sitzber. d. Berliner Akad. 1893. p. 536.

hervorgehoben (p. 134), daß eine solche Symbiose nicht besteht [1]). Und bis auf den heutigen Tag hat niemand den Beweis erbracht, daß irgendein Tier sich zur Lichtentwickelung der Leuchtbakterien bedient. Es sind auch darüber Versuche gemacht worden, ob nicht auch aus den Geweben leuchtender Tiere Leuchtbakterien gewonnen werden könnten. So hat Wijsman den stark leuchtenden Dinoflagellaten Ptychodiscus noctiluca Stein in Fischgelatine zerkleinert, aber daraus keine Photobakterien erhalten. Beijerinck [2]) hat zwei leuchtende Arten von Sertularia und eine Obelaria mit Meerwasser gut gewaschen, dann in sterilisiertem Meerwasser zerteilt und schließlich auf Fischgelatine ausgegossen, allein auch hier kamen Leuchtbakterien nicht auf.

Wie steht es nun mit den Photobakterien, die auf Fleisch, toten Seefischen und anderen toten Seetieren vorkommen und diese leuchtend machen? Hat die Lichtentwickelung für diese Bakterien eine biologische Bedeutung?

Beijerinck hat diese Frage bereits vor längerer Zeit aufgeworfen und hat sie verneint. In der Luminiszenz der Bakterien ein Mittel zu ihrer Verbreitung zu sehen, hält er für ausgeschlossen, da die Meeresströmungen, die Wogen und der Sand des Strandes dies in ausgezeichneter Weise besorgen.

Ich bin ebenso wie Beijerinck der Ansicht, daß die Lichtentwickelung der Bakterien eine Konsequenz ihres Stoffwechsels ist, und daß ihr eine biologische Bedeutung nicht zukommt. Wenn nun die Bakterien keinen Vorteil von ihrer Lichtentwickelung haben, ist dies vielleicht bei den höheren Pilzen der Fall?

„Am wahrscheinlichsten", meint Kerner [3]), „ist es, daß den Pilzmücken und Pilzkäfern, welche ihre Eier in die Mycelien und Sporenträger der Hymenomyceten legen und die mit der Verbreitung der Sporen in einem später noch ausführlicher zu besprechenden Zusammenhange stehen, in der dunkeln Nacht der Weg gezeigt wird. Viele dieser Mücken und Käferchen fliegen nur bei Nacht und wenden sich, wie so viele geflügelte Nachttiere, bei ihrem Fluge leuchtenden Gegenständen zu. Es wäre nun immerhin möglich, daß das von den genannten Blätterschwämmen ausgehende Licht als Anlockungsmittel und Wegweiser für die genannten in der Nacht fliegenden Insekten dient, ähnlich wie der Geruch und die lebhafte Farbe anderer Hymenomyceten für jene Pilzfliegen und Pilzkäfer, welche am hellen Tage schwärmen."

---

1) Wobei ich aber von den pathologischen auf p. 86 behandelten Fällen absehe.
2) Beijerinck, M. W., Sur l'aliment photogène etc. l. c. p. 63.
3) Kerner, A. v., Pflanzenleben. Leipzig 1887. 1. Aufl. Bd. I. p. 471.

Ich kann mich für den hier vorgetragenen Gedanken nicht erwärmen. Wäre er richtig, so wäre es nicht leicht verständlich, warum beim Hallimasch der Fruchtkörper, der doch die Sporen trägt und den Insekten zugänglich ist, nicht leuchtet, während sein Mycel, das unter der Rinde und im Holze wuchert, also von den Insekten gewöhnlich gar nicht gesehen wird, Licht entwickelt.

Das im leuchtenden Holze wuchernde Leuchtmycel hat gewöhnlich gar keine Fruktifikationsorgane. Wenn nun das Licht den Sinn hätte, Insekten anzulocken, so würde sich in diesem Falle der Pilz selbst nur schädigen, denn er würde die Insekten anlocken und durch sie nicht verbreitet, sondern gefressen und hierdurch vernichtet werden. Das Licht würde sein Verderben werden.

Mir will scheinen, daß man heute mit der biologischen Deutung mancher Erscheinungen des Pflanzenlebens in gewissen Punkten über das Ziel hinausschießt und in dem Streben, um jeden Preis eine teleologische Deutung zu finden, sich in allzu gewagte Spekulationen einläßt. So wie leblose Körper gewisse Eigenschaften aufweisen und wir nicht im entferntesten daran denken, daß diese Eigenschaften einen „Zweck“ haben, so kann auch das ungleich kompliziertere Lebewesen einfach infolge seiner Konstruktion oder seines Stoffwechsels gewisse Eigenschaften erhalten, die sich als notwendige Konsequenzen der inneren Einrichtung ergeben.

Weit entfernt davon, der biologischen Erklärung entgegentreten zu wollen, möchte ich nur vor Uebertreibungen warnen und betonen, daß wir derzeit keine plausible teleologische Erklärung der Pilzluminiszenz zu geben vermögen, wahrscheinlich weil sie eine zufällige Konsequenz des Stoffwechsels der Photomyzeten ist.

VIII.

Ueber angebliche Lichterscheinungen bei Phanerogamen.

Im Rahmen meiner Schrift muß ich noch kurz einiger Angaben gedenken, die sich auf das angebliche Leuchten bei Blütenpflanzen beziehen. Ich sehe dabei ab von jenen sagen- und märchenhaften Erzählungen des Altertums und früherer Jahrhunderte[1]), die in der Zeit des Aberglaubens ernst genommen und weiter verbreitet wurden, von dem modernen Naturforscher aber in das Reich der Mythe verwiesen werden müssen. Konrad Geßner hat bereits in einem Buche[2]) alle die Pflanzen zusammengestellt, welche angeblich Nachts leuchten oder anderer Ursachen wegen „Lunariae" oder „Mondpflanzen" genannt wurden. Es gehörten hinzu: Primula Auricula, Lunaria rediviva, Ranunculus Thora, Drosera und andere. Geßner gesteht aber selbst ein, niemals bei irgendeiner der Mondpflanzen ein Leuchten bemerkt zu haben. Wenn solche Pflanzen im Mondlichte zu leuchten scheinen, so handelt es sich offenbar um eine rein physikalische Erscheinung, d. h. um einen Lichtreflex, der zumal bei den trockenen, weißlichen Schoten der Lunaria rediviva recht stark sein kann.

Ernster müssen zwei Beobachtungen über das Leuchten von Milchsäften genommen werden. Die eine rührt von Mornay[3]) her, der das Leuchten des Milchsaftes bei einem rankenden Gewächs, Cipo de Cunanam genannt, welches wahrscheinlich den Apocyneen oder

1) Schertel, S., Ueber Leuchtpilze etc. Deutsche botan. Monatsschrift. Arnstadt 1902. 20. Jahrg. p. 139.

2) Conradi Gesneri medici, De raris et admirandis herbis, quae sive quod noctu luceant, sive alias ob causas, Lunariae nominantur, Commentariolus: et obiter de aliis etiam rebus, quae in tenebris lucent. Tiguri 1555.

3) Mornay, Philosoph. Transact. 1816. p. 279.

Asclepiadeen angehört und in Brasilien vorkommt, gesehen haben will. Der aus der verwundeten Pflanze ausfließende Milchsaft zeigte einen phosphorischen Schein, die einzelnen Tropfen glichen beim Herabfließen brennendem Talg.

Die zweite Beobachtung machte v. Martius[1]) auf seiner brasilianischen Reise. An einem gewitterschwülen Abend zeigte der aus den Wunden der Euphorbia phosphorea eben ausfließende Milchsaft ein phosphorartiges Leuchten. „Das Leuchten dauerte jedesmal einige wenige Sekunden und war stärker als das des faulen Holzes, jedoch minder lebhaft als die flammende Atmosphäre der Blüten des Diptam. Das Thermometer stand während dieser Erscheinung auf 20° R, das Voltasche Elektrometer zeigte keine Spur von Luftelektrizität. An verschiedenen Stengeln und Aesten beobachtend, erhielt ich immer dasselbe Resultat; nach einer Stunde aber, als die Temperatur auf 19° R zurückgegangen war, konnte ich kein weiteres Leuchten beobachten.“ v. Martius vermutet, da er später, obwohl er die Pflanze noch häufig traf, das Leuchten nicht wieder beobachten konnte, daß die Gewitterschwüle schuld an dem Leuchten war. Ob es sich hier um ein elektrisches Phänomen handelt, vermag ich nicht zu sagen, entscheiden könnten darüber nur einschlägige Versuche. Da ich mich längere Zeit mit dem Milchsaft der Pflanze beschäftigte und aus Erfahrung wußte, daß viele Milchsäfte so konzentrierte Lösungen von kristallisierbaren Substanzen darstellen, daß der Milchsaft an der Luft alsbald zu einer Art Kristallbrei erstarrt[2]), so war daran zu denken, daß vielleicht die eintretende Kristallbildung mit einer Lichtentwickelung verknüpft sei, und diese das Leuchten bedinge. Bekanntlich haben verschiedene Kristalle im Momente ihrer Entstehung die Fähigkeit, durch einige Sekunden zu leuchten, und es wäre daher denkbar, daß auch beim Ausfließen des Milchsaftes infolge der Verdampfung eine mit Luminiszenz verknüpfte Kristallisation eintritt. Da die Milchsäfte von Ficus elastica, Galactodendron-, Euphorbia-Arten und ebenso die Schleimsäfte von Clivia und Hemerocallis an der Luft rasch Kristallbreie liefern, so achtete ich darauf, ob diese Säfte im Finstern leuchten. Das Resultat war aber stets ein negatives. Wäre die Kristallbildung die Ursache des Leuchtens, so wäre nicht gut einzusehen, warum v. Martius das Leuchten an der Euphorbia phosphorea nicht regelmäßig beobachtet hat. Ich möchte daher, vorausgesetzt, daß überhaupt keine Täuschung

---

1) v. Martius, Reise in Brasilien. II. p. 726 u. 746.

2) Molisch, H., Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena 1901. p. 77.

vorliegt, doch mehr zu der Ansicht hinneigen, daß man es hier vielleicht mit einem elektrischen Phänomen zu tun habe.

Eigentümlich und von Interesse sind die Beobachtungen

Ueber das Blitzen der Blüten.

Linnés Tochter Elisabeth Christine bemerkte 1762 im Garten ihres Vaters unweit Upsala eines Abends, daß die feuergelben Blüten der Kapuzinerkresse, Tropaeolum majus von Zeit zu Zeit blitzten. Als sie diese auffallende Beobachtung ihrem Vater mitteilte, verhielt er sich, wie nicht anders zu erwarten war, sehr skeptisch, als er sich aber den nächsten Abend von der Richtigkeit der Wahrnehmungen seiner Tochter mit eigenen Augen überzeugte, gab er zu, daß die Sache nicht geleugnet werden könne und ermunterte seine Tochter, ihre Beobachtungen zu veröffentlichen. Ihre Abhandlung: „Ueber das Leuchten der indianischen Kresse" erschien bald darauf im 24. Bande der schwedischen Akademie der Wissenschaften. Sie beobachtete die Erscheinung im Juli bei Sonnenuntergang. „Wenn man sitzt und auf eine Stelle hinsieht, die mehrere Blüten hat, so kann man bemerken, wie bald die eine, bald die andere ganz jählings aufflimmert oder erglänzt." Eine Erklärung weiß sie nicht zu geben, hingegen vermutet Wilke, der die Abhandlung mit einem Zusatz versehen hat, daß das Phänomen der überall verbreiteten elektrischen Materie zuzuschreiben sei.

Auch der Sohn Linnés teilte dem Physiker Bertholon[1]) gelegentlich eines Besuches in Paris mit, daß er den blitzähnlichen Schein bei der Kresse gesehen habe, und daß das Blitzen der Blüten sich besonders deutlich zeige, wenn tags vorher ein Gewitter am Himmel stand. Bertholon hält das Blütenblitzen für ein elektrisches Phänomen.

Später hat Haggren[2]) auch an der Ringelblume (Calendula officinalis), der Feuerlilie (Lilium bulbiferum), der Sammetblume (Tagetes patula und erecta) und in wenig prägnanter Weise bei der Sonnenrose (Helianthus annuus) ähnliches bemerkt. Die Erscheinung zeigte sich abends im Juli und August bei klarer Luft, nicht bei Regen oder feuchter Luft. Die Lichtblitze zeigten sich oft in einem Zwischenraume von 2—3 Sekunden; wenn mehrere Blüten auf einmal aufleuchteten, so war der Schein noch auf mehrere Klafter wahrnehmbar.

---

1) Bertholon, M. de S. Lazare, De l'electricité des végétaux. Paris 1783. p. 335.

2) Haggren, Chr., Verhandlungen der Königl. schwedischen Akademie der Wissenschaften 1788.

Crome[1]) brachte eine Bestätigung der erwähnten Beobachtungen über das Blitzen der Blüten von Tropaeolum und hält sie für Sammelapparate der in der Luft befindlichen elektrischen Materie.

Nach den Angaben von Zawadzki[2]) leuchtet die Kapuzinerkresse am stärksten, nach ihr Tropaeolum, dann Lilium bulbiferum und endlich Tagetes. „Alle diese Blumen haben eine stark mit Rot gesättigte gelbe Farbe, und da ich bei einigen Helianthus-Arten, die intensiv gelbe Blumen hatten, so wie an der Gorteria rigens, die ich bei Tage in einem dunkeln Zimmer beobachtete, auch ein schwaches Leuchten bemerkte, so scheint daraus hervorzugehen, daß jede orangefarbige Blume zu bestimmten Zeiten leuchte.“ Daß das Leuchten von Elektrizität herrührt, unterliegt nach Zawadzki keinem Zweifel. Leider hat der genannte Autor seine Anschauung in einer Weise zu begründen versucht, die an logischer Inkonsequenz nichts zu wünschen übrig läßt und daher hier am besten übergangen wird.

Johnson[3]) sah kleine glänzende Funken, die kontinuierlich aus einigen verwelkenden Blüten von Polyanthes tuberosa ausströmten. Und Meyen[4]) zitiert eine Angabe eines Reisenden, der zufolge in Afrika eine Pandanus-Art existiere, deren Blüten im Augenblicke des Aufbrechens eine Art von Blitz erzeugen, welcher von einem Geräusche begleitet wurde.

Meyen (l. c. p. 205) und mehrere andere Schriftsteller teilen mit, daß nach Senebier (Physiolog. véget., III., p. 315) die Wärme entwickelnden Blüten von Arum maculatum einen phosphorischen Schein erkennen lassen sollen, wenn man sie in reinem Sauerstoff atmen läßt. Indes hat bereits Fries darauf aufmerksam gemacht, daß Senebier dies bloß als einen des Versuchs werten Gedanken hingestellt hat, den selbst auszuführen er durch Mangel an Zeit verhindert war.

Den genauesten Bericht über das Blitzen von Blüten verdanken wir dem schwedischen Botaniker Th. M. Fries[5]). Die Darstellung seiner Wahrnehmungen ist in so hohem Grade vertrauenerweckend und anziehend, daß ich ihn darüber selbst sprechen lassen will. „Den 18. Juni verflossenen Jahres, als ich ungefähr halb 10 Uhr abends einsam im botanischen Garten dahier (Upsala) herumwandelte und schon

---

1) Crome, in Hoppes botan. Taschenbuch f. 1809. p. 52—53.

2) Zawadzki, Alex., Ueber das elektrische Leuchten einiger Blumen. Zeitschr. f. Physik u. Mathem. Herausg. von Baumgartner u. Ettingshausen. Bd. VI. Wien 1829. p. 459—462.

3) S. Schweiggers Neues Journal d. Chemie u. Physik. I. p. 361.

4) Meyen, F. J. F., Neues System der Pflanzenphysiologie. Bd. II. 1838. p. 204.

5 Fries, Th. M., Ueber Lichtphänomene bei Pflanzen. Flora 1859. p. 182.

vor einer größeren Gruppe von Papaver orientale vorbeigegangen war, zeigte sich plötzlich von einer isoliert stehenden Blüte dieser Art ein starker Lichtblitz, und als ich mich darauf erstaunt zu der größeren Gruppe umwandte, bemerkte ich dasselbe Phänomen gleichzeitig bei drei bis vier Blüten. Da ich durch die Angaben, welche in verschiedenen botanischen Lehrbüchern vorkommen, schon im voraus starken Zweifel gegen die Existenz dieses Phänomens hegte, so war mein erster Gedanke, daß diese blitzähnlichen Schimmer einer zufälligen kränklichen Affektion in meinen Augen zuzuschreiben sein dürften; überzeugte mich aber innerhalb $^3/_4$ Stunden, während die Erscheinung wiederholt wiederkehrte, daß dem nicht so sei. Am folgenden Abend, nachdem ich gefunden hatte, daß dasselbe Lichtphänomen sich wieder zeigte, führte ich, ohne etwas von dem Vorgange zu erwähnen, an die Stelle eine Person, die nie die geringste Ahnung von der Existenz einer derartigen Erscheinung im Pflanzenreiche hatte, und welche sogleich voll Erstaunen ausrief: „Es blitzt aus den Blumen.“ Als auf meine Aufforderung die Blüten, bei welchen dieses Licht sich zeigte, näher bezeichnet wurden, fand ich deutlich, wie früher Haggren, daß wir gleichzeitig dasselbe sahen. Mehrere andere Personen wurden nun herbeigerufen, welche alle, ohne im voraus darüber unterrichtet zu sein, worum es sich handle, einstimmig bezeugten, daß ein blitzähnlicher oder flimmernder Schein sich zeigte. Am folgenden Abend, den 20. Juni, war ich selbst verhindert mich einzufinden, und weil es regnete und der Himmel ganz und gar mit Wolken überdeckt war (bei sonst ganz warmer Luft), so schloß ich zufolge der Angabe früherer Beobachter, daß das Phänomen diesmal unterbleiben würde; aber nach dem Dozenten Lindblad u. a. zeigte es sich doch sehr deutlich und prachtvoll. — Die folgenden zwei Abende, wo die Luft kalt und der Himmel trübe war, konnte weder ich noch jemand anders solche Blitze, außer am ersten Abend höchst schwache, beobachten. Dagegen zeigte sich den nächstfolgenden Abend, am 23. Juni, bei warmer und klarer Luft das Phänomen in vollem Glanze und bewundert von vierzehn Personen; auch bei Lilium bulbiferum wurde ein ähnlicher, jedoch bedeutend schwächerer Schein beobachtet, immerhin jedoch noch stark genug, um die Identität der blitzähnlichen Phänomene bei diesen Pflanzen zu beweisen.“

Fries teilt weiter mit, daß etwa 150 Personen Zeugen der merkwürdigen Erscheinung waren, und fährt dann folgendermaßen fort: „Wie schon oben bemerkt, zeigt sich dieses Phänomen bloß alsbald nach Sonnenuntergang, ungefähr $^1/_4 10 - {}^1/_4 11$ Uhr am Abend. Gewisse Abende erscheint es sehr stark und prachtvoll, während es an anderen sehr schwach oder gar nicht bemerkbar ist, ein Verhalten, das in

einigem Zusammenhange mit der Temperatur der Luft zu stehen scheint, obwohl nicht geleugnet werden kann, daß es bisweilen bedeutend verschieden sich darstellte an Tagen, die in Beschaffenheit der Temperatur und der Luft einander sehr ähnlich waren und umgekehrt.“ Bezüglich einer Erklärung des Blitzens der Blüten vermag sich Fries nicht der Ansicht verschiedener Forscher anzuschließen, daß das Blitzen „die Folge der Wirkung einer chemischen oder elektrischen Kraft sei“, sondern er meint: „Im Gegenteil dürfte man, wenn wir bedenken, daß alle Pflanzen, bei welchen dieses Phänomen beobachtet wurde, in der Farbe ziemlich miteinander übereinstimmen, in dieser letzteren mit einem gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit den Erklärungsgrund suchen. Ohne gerade mit Bestimmtheit diese Ansicht verfechten zu wollen, erübrigt doch, auch wenn sie wahr sein sollte, zu erklären, wie und auf welche Art diese Farbe ein solches Phänomen verursachen kann und ob es bloß auf einer gewissen Beleuchtung und, wie es scheint, auf der Temperatur der Luft beruht. Inwiefern die von Goethe gegebene Erklärung richtig ist, oder ob die Farben der Blüten und Blätter bei einer gewissen Beleuchtung für einen Augenblick, wie Komplementärfarben, zu einem weißen blitzähnlichen Schein verschmelzen können, oder ob noch irgendein anderer Erklärungsgrund der richtige ist, kommt nicht den Botanikern sondern den Physikern zu entscheiden zu.“ Der Hinweis auf Goethe bezieht sich auf eine Stelle in dessen Farbenlehre (Teil I, p. 21). Goethe bemerkt, er habe eines Abends (den 19. Juni 1799) in der Dämmerung ganz deutlich beim orientalischen Mohn „etwas flammähnliches“ gesehen. Bei aufmerksamer Betrachtung der Pflanze konnte er keinen Schein wahrnehmen, wenn er aber mit den Augen nach derselben schielte, so war dies der Fall, weil, wie er meinte, ein momentanes Doppelbild entstand, bei welchem das Scheinbild sich bei oder neben dem wirklichen Bilde zeigte.

Die Ansicht, daß die Feuerfarbe der Blüten für das Zustandekommen des Blitzens von Bedeutung sei, verliert an Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, daß das Blitzen auch bei weißen Blüten vorhommt, so bei Polyanthes, daß Hagen[1]) in der Schweiz gelegentlich einer Bergpartie unter dem dicksten Nebel aus allen Blüten von Matricaria inodora einen blendendweißen phosphoreszierenden Schein kommen sah und daß Szütz[2]) an den Blättern von Phytolacca decandra einen blauen Phosphorschein bemerkte.

In neuester Zeit will Ballenstedt[3]) an den Blüten von Lychnis

1) Zitiert bei Fries, l. c. p. 171.
2) Trommsdorffs Journ. d. Pharm. VIII. P. 2. p. 59.
3) Ballenstedt, Naturw. Wochenschr. Jena 1903. p. 487.

chalcedonica, welche Pflanze unter dem Namen „Brennende Liebe“ im Volksmunde bekannt ist, ein sehr deutlich wahrnehmbares, auf- und abwallendes, sekundenlang ganz erlöschendes Leuchten wahrgenommen haben. Er möchte fast glauben, daß die Pflanze ihr Beiwort „brennend“ wegen ihrer Leuchtfähigkeit erlangt habe. „Bei der brennenden Liebe scheint das phosphoreszierende Licht von den Staubbeuteln auszugehen. Es macht sich an warmen und trockenen Abenden besonders bemerkbar in der Weise, daß benachbarte Blüten der großen doldenartigen Blütenstände plötzlich aufleuchten. Das Leuchten dauert mit wechselnder Helligkeit einige Sekunden, nicht selten aber auch 2—3 Minuten an, erlischt dann für kurze Zeit, um meist nach wenigen Sekunden mit verstärkter Helligkeit wieder hervorzutreten. Wenn der Tau die Blüten zu befeuchten anfängt, nimmt die Lichterscheinung an Intensität ab und hört bei dichter Bedeckung der Blütenstände mit Tau ganz auf.“ Eine Erklärung für die beobachtete Erscheinung gibt Ballenstedt nicht, er ist aber der Meinung, daß das Leuchten der Blütenteile vielleicht ein Orientierungsmittel für Nachtinsekten bei Gewinnung des Nektars und der Uebertragung des Blütenstaubes sein dürfte, die für dieses Licht in viel höherem Maße empfindlich sein könnten als wir.

Wenn wir die verschiedenen Beobachtungen überblicken, so muß man wohl einigermaßen darüber staunen, daß keiner von den genannten Beobachtern, die das Glück hatten, das Blitzen der Blüten zu sehen, den Versuch machte, die Ursache davon experimentell zu ergründen. Die meisten konstatieren die Erscheinung, begnügen sich aber mit der lakonischen Bemerkung, daß es Sache der Physiker sei, das Rätsel zu erklären.

Da es mir darum zu tun war, die von der Pflanze ausgehenden Lichterscheinungen nach allen Richtungen kennen zu lernen, so war ich vielfach bemüht, das Blitzen der Blüten aus eigener Anschauung beobachten zu können. Ich habe daher seinerzeit durch acht Jahre in meinem Versuchsgarten zu Prag alljährlich ganze Beete von Calendula officinalis, Tropaeolum majus, Papaver orientale, Tagetes-Arten und Helianthus annuus gezogen. In den Sommermonaten namentlich zur Zeit der Blüte beobachtete ich sehr oft nach Einbruch der Dämmerung und der Nacht die Blüten der genannten Gewächse, bald bei klarem, bald bei trübem oder gewitterschwülem Wetter, ohne auch nur ein einziges Mal im Laufe der Jahre eine Spur irgendeiner Lichterscheinung bemerken zu können.

Trotzdem bin ich auf Grund der Angaben insbesondere von Linné, Fries und anderen überzeugt, daß die Blüten mancher Pflanzen unter

gewissen Umständen zu blitzen vermögen. Da ich am faulen Holze ein Blitzen beobachtet (p. 52) und als Ursache ein kleines Insekt (Neanura) erkannt habe, so war auch der Gedanke zu prüfen, ob nicht vielleicht kleine Tiere, die in den Blüten wohnen und aufzuleuchten vermögen, das Blitzen hervorrufen. Der Gedanke scheint schon deshalb einer Prüfung wert, weil Heller[1]) derartige Tiere gesehen haben will. Nachdem er hervorgehoben, daß er niemals eine Blüte habe leuchten gesehen, bemerkt er, daß er öfter leuchtende Stellen, Flecke und Punkte an manchen Pflanzen, so an der Phytolacca decandra, an Dictamnus und an den Blüten und Blattstielen von Sambucus niger gesehen habe. Bei genauerer Untersuchung fand er, daß die leuchtenden Punkte von sehr kleinen Blattläusen und kleinen Fliegen gebildet wurden, die ähnlich den Johanniswürmchen Licht entwickelten. „Ich fand diese Tierchen oft so klein, daß unzählige beisammen nur einen leuchtenden Fleck darstellten, und erst unter dem Mikroskop erwies sich ein solcher Fleck als aus unzähligen kleinen Tieren bestehend.“ In zahlreichen Blüten wohnen fast ständig sehr kleine schwarze Käferchen und in überaus großer Menge Thrips, aber weder bei diesen noch bei irgendwelchen Blattläusen konnte ich ein Leuchten bemerken. Immerhin wird es gut sein, falls jemand wieder Gelegenheit haben sollte, blitzende Blüten zu sehen, auf die darin eventuell vorkommenden Tiere zu achten.

Ferner wird zunächst zu prüfen sein, ob die von verschiedenen Forschern geäußerte Ansicht, daß es sich beim Aufleuchten der Blüten um ein elektrisches, dem St. Elmsfeuer vergleichbares Phänomen handle, berechtigt ist. Es ist in hohem Grade zu bedauern, daß keiner von den Beobachtern einer blitzenden Blüte ein empfindliches Elektroskop genähert hatte, die Sache wäre damit sogleich entschieden gewesen. Für die richtige Beurteilung des Phänomens ist es schon von Wichtigkeit zu erfahren, daß ich das Blitzen der Blüten in der Art wie es geschildert wird, künstlich in folgender Weise hervorrufen konnte.

Ein im Blumentopf gezogenes Exemplar von Tropaeolum majus mit ziemlich trockener Erde wird behufs Isolierung auf ein umgestülptes Becherglas gestellt und die Pflanze sodann im Finstern vom Konduktor einer kleinen Elektrisiermaschine geladen. Sowie sich die Elektrizität in der Pflanze einigermaßen anhäuft, sieht man hauptsächlich von den Blüten Funken und Lichtbüschel von kurzer Dauer ausstrahlen und hervorspringen, zumal wenn man den Blättern oder Blüten den Finger oder sonst einen guten Leiter nähert. Solche Versuche wurden später

1) Heller, J. F., l. c. p. 88.

v. Tubeuf[1]) in größerem Maßstabe unter Heranziehung einer achtplattigen Influenzmaschine von Holtz mit Begonien, Fichten, Kiefern und Eschen durchgeführt. Die Blumentöpfe wurden behufs Isolierung auf einen Wachsklotz gestellt und der Blumentopf samt der Pflanze vom Konduktor geladen. Verbindet man den negativen Pol mit der Blumentopferde und nähert man den anderen der Pflanze, so strömt aus dem Drahte die positive Elektrizität in Form eines Lichtbüschels aus, während die negative in Form kleiner Lichtperlen an den Spitzen der Blätter erscheint. Wird aber die Pflanze positiv geladen, so gehen von ihr Lichtbüschel aus zu dem negativ geladenen Draht.

Aus diesen Versuchen ist zu ersehen, daß tatsächlich im Experimente elektrische Lichterscheinungen an Pflanzen auftreten können, und was im Versuche zutrifft, wäre auch in der Natur bei Erscheinungen des St. Elmsfeuers möglich.

Versuche mit Fichten und Föhren, die von v. Tubeuf durch prächtige Photographien illustriert wurden, zeigten, daß an den negativ geladenen Pflanzen bei Annäherung des positiv geladenen Drahtes eine größere Zahl von Nadelspitzen die Elektrizität in Form von Lichtperlen ausstrahlen, während die dem positiven Drahte entfernteren Nadeln die Elektrizität ohne Lichterscheinungen ausströmen lassen (Fig. 16). Der umgekehrte Versuch gelingt nach v. Tubeuf mit der Fichte nicht. Wird diese positiv geladen, so strömt die Elektrizität aus den Blattspitzen lichtlos aus. Wenn man aber eine unbeblätterte Pflanze mit wenig Astspitzen,

Fig. 16. Elmsfeuer (elektrische Entladungen) an der Fichte. An den Blattspitzen erscheinen Lichtperlen. Nach v. Tubeuf.

1) v. Tubeuf, C., Elmsfeuer-Versuche. Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft. 1905. Jahrg. 3. p. 193.

z. B. den Wintersproß der Lärche oder der Esche verwendet, so treten deutliche Büschelentladungen auf (Fig. 17).

Bei der Durchführung derartiger Experimente kann man sich kaum des Gedankens erwehren, daß die sogenannten Wetterlichter oder das St. Elmsfeuer, wie sie in der Natur nicht selten beobachtet werden, sich beim Blitzen der Blüten im kleinen zu erkennen geben könnten. Bekanntlich erscheint das St. Elmsfeuer bisweilen bei Gewittern in Gestalt leuchtender Punkte, kleiner oder größerer Flammen und Feuer-

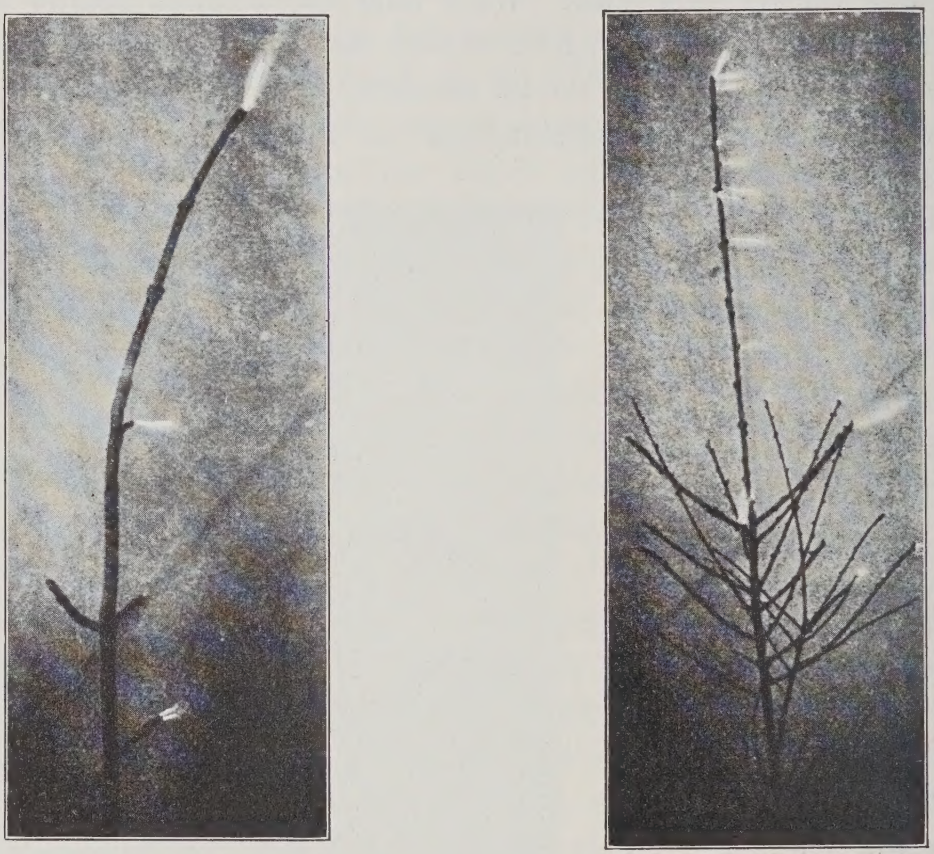


Fig. 17. Elmsfeuer-Versuche mit der Esche (links) und der Lärche (rechts). An den Knospen treten Lichtbüschel hervor. Nach v. Tubeuf.

büscheln an spitzigen Gegenständen oder scharfkantigen Begrenzungsflächen der verschiedensten Objekte. Man beachte nun die Einzelheiten, wie sie bei der Schilderung des St. Elmsfeuers vielfach zutage treten. So erwähnen Saussure und Jollabert[1]), auf den Alpen Feuerbüschel an ihren Fingern und ihrer Bekleidung gesehen zu haben, Burchell sah während eines Gewitters in Afrika in einem Umkreis von 15 Fuß jeden Grashalm und jedes Blatt leuchten, und der Bergeleve v. Thielau bemerkte bei einem

1) Dieses und die folgenden Beispiele zitiert in Marbach-Cornelius' Physik. Lexikon. Leipzig 1856. Bd. IV. p. 705 ff.

heftigen Schneegestöber zu Freiburg am 25. Februar 1822 an den Zweigspitzen aller Bäume eine lebhafte Lichterscheinung von bläulich weißer Farbe, welche aufhörte, wenn die Zweigspitzen der Bäume zur Erde gebogen wurden.

In neuerer Zeit neigen manche Beobachter der Ansicht zu, daß es sich beim Blitzen der Blüten nicht um eine elektrische sondern um eine physiologisch-optische Erscheinung handelt, wie es bereits von Goethe ausgesprochen wurde. In diesem Sinne wird die Erscheinung auch von Schleiermacher[1]) und Thomas[2]) aufgefaßt. — Schleiermacher bemerkt, an einem Juniabend zwischen ½9 und 9 Uhr kurz nach Sonnenuntergang bei klarem Himmel an den feuerroten Blüten eines ausdauernden Mohnes „ein weißliches momentanes Aufhellen seitwärts an einzelnen der Blüten“ gesehen zu haben, etwa in der Weise, wie dies die nebenstehende Figur andeutet.

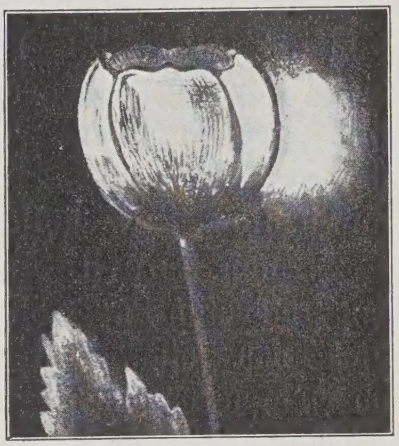


Fig. 18. Blitzende Mohnblüte. Der weiße aufblitzende Fleck rechts entspricht dem Nachbild. (Nach Schleiermacher.)

Als die Beobachtung gemacht wurde, war das Dämmerlicht noch so stark, daß man ohne Anstrengung lesen konnte, das Rot der Blüten und das Grün des Hintergrundes erschien nach grober Schätzung gleich hell.

Der genannte Beobachter konnte zwar die Erscheinung mit einem Elektroskope nicht prüfen, er hält es aber für ausgeschlossen, daß es sich hier um ein Elektrizitätsphänomen handle, da er die Erscheinung nach Belieben durch den Blickwechsel hervorrufen konnte. Wenn man, etwa 2 m von der Pflanze entfernt, das Auge 20—40 cm über den Blüten rasch horizontal wandern läßt, trat der weißliche Schein auf.

Schleiermacher hält diese Erscheinung nicht für eine wirkliche Lichtentwickelung, sondern für etwas Subjektives, und zwar für eine Nachbilderscheinung, die in der Sinnesphysiologie als „Ghost“, „Satellit“ oder auch als „nachlaufendes Bild“ bezeichnet wird[3]). Dieses Nachbild kommt nach den neuesten Anschauungen durch die zeitlich

---

1) Schleiermacher, A., Ueber blitzende Blüten. Verhandl. d. naturwiss. Vereins in Karlsruhe. 1908.

2) Thomas, Fr., Eine Erklärung für das blitzähnliche Aufleuchten feuerroter Blüten in der Dämmerung. Naturw. Wochenschr. 1910. N. F. Bd. IX. p. 573—574.

3) Kries, J. v., in Nagel, W., Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. III. 1905. p. 222.

später einsetzende Erregung der Stäbchen der Netzhaut, des Dämmerungsapparates zustande und tritt bei einem gewissen mäßigen Grade der Dunkeladaptierung am auffallendsten hervor, erscheint aber bei Helladaptierung nicht und fehlt daher im Netzhautzentrum, dem Ort, wo der Hellapparat, die Zapfen, allein vorkommen. Diese wirken nur insoweit mit, als das Nachbild häufig komplementär gefärbt ist. So erklärt es sich, warum das Blitzen der Blüten noch nie bei Tagesbeleuchtung beobachtet wurde, sondern immer in der Zeit der Dämmerung.

Schleiermacher faßt das Blitzen der Blüten nicht als Nachbild der roten Blüte sondern als Nachbild des grünen Hintergrundes auf. Für das Dämmerungssehen (Stäbchen) erscheint Rot sehr wenig hell, Grün hingegen ziemlich hell. „Die roten Blüten bilden also für das die Erscheinung bedingende Dämmerungssehen dunkle Stellen, durch die das Nachbild sichtbar wird."

Schon Goethe hat vorgeschlagen, das Aufblitzen der Mohnblüte mit gefärbten Papierblumen nachzuahmen und Schleiermacher hat dies auch getan. Mit rotem und grünem Papier waren die Versuche im Dämmerungslichte allerdings erfolglos. Schließlich gelang aber die Nachahmung der Erscheinung, wenn statt des grünen Papieres blaues (etwa kornblumenblaues) benutzt wurde. Dies ist eigentlich sehr auffallend, da ja der Hintergrund bei dem Mohnversuch grün war, allein Schleiermacher hält es für sehr wahrscheinlich, daß auch bei dem natürlichen Phänomen das an den grünen Blättern reflektierte blaue Himmelslicht beteiligt sei. Wenn man einen Bogen des blauen Papiers auf einem ausgedehnten schwarzen Hintergrund befestigt, in Dämmerlicht oder sonst in abgeschwächter Beleuchtung betrachtet, das Auge taktmäßig jede Sekunde schließt, so blitzt es jedesmal beim Oeffnen, besonders aber beim Schließen weißlich auf. Aehnliche lehrreiche Versuche verdanken wir auch Thomas, l. c.

Schleiermacher glaubt hiermit den sicheren Nachweis erbracht zu haben, daß das Blitzen der Blüten nicht von einer elektrischen Entladung der Pflanze herrührt. Der genannte Autor hat zweifellos damit recht, daß die Lichterscheinung, wie er sie bei der Mohnblüte beobachtet und beschrieben hat, etwas Subjektives, ein Nachbild ist; ob aber alles, was unter Blitzen beschrieben wurde, so zu erklären ist wie er will, folgt wohl aus seinen Untersuchungen nicht.

Denn die mitgeteilten Beobachtungen von Burchell und v. Thielau lassen sich wohl nicht mit Nachbildern, wohl aber ungezwungen durch die Erscheinung des St. Elmsfeuers erklären. Auch wird von verschiedenen Forschern ausdrücklich hervorgehoben, daß sie

beim Blitzen der Blüten Funken gesehen, und daß diese aus bestimmten Teilen der Blüte hervorsprangen. Es wurde bereits erwähnt, daß Johnson kleine glänzende Funken sah, die kontinuierlich aus den Blüten von Polyanthes hervorsprangen, und daß Ballenstedt das Licht bei den Blüten von Lychnis chalcedonica hauptsächlich aus den Staubbeuteln hervorzukommen schienen.

Dazu kommt, daß man das Blitzen der Blüten experimentell erzeugen und durch Ladung der Pflanze mit Elektrizität Lichtbüschel und Funken aus Blättern und Blüten hervortreten lassen kann.

Auf Grund dieser Erfahrungen halte ich es daher für wahrscheinlich, daß die an Blüten beobachteten Lichterscheinungen entweder durch Nachbilder oder durch elektrische, mit dem St. Elmsfeuer identische Phänomene verursacht werden. Das Blitzen der Blüten ist also, mag es in der einen oder in der anderen Weise zustande kommen, jedenfalls kein in der Pflanze ablaufender biologischer Prozeß.

Namenregister.

A.

Absalon 52.
Achard 34, 153.
Alenizyn 87, 88.
Alpine 31.
Apstein 22.
Aquapendente, ab F. H. 58.
d'Arsonval 162.
Asbjoernsen 11.
Atkinson 31.

B.

Ballenstedt 182, 183, 189.
Ballner 119, 120.
Barnard 159.
Bartholin 58.
Bary de 37, 50.
Battara 32.
Beal 58, 59.
Becquerel 157.
Beijerinck 103, 104, 105, 111, 113, 114 ff., 118, 119, 121, 122, 124, 125, 127, 131, 137, 140, 152, 175.
Berkeley 31.
Berthold 1, 2.
Bertholon 179.
Billet 25, 86.
Bischoff 28, 51.
Blackman 22.
Blanc 61.
Bölsche 50.
Bongardt 142.
Boyle 58, 59, 123.
Brefeld 35, 38, 39.
Brischke 88.
Buchner, E. 137.
Buchner, H. 137.
Bütschli 25.
Burchell 186, 188.

C.

Chaussier 74.
Chiapella 101.
Claparède 18.
Clos 36.
Coblentz 141, 157.
Cohausen 92.
Cohn, F. 22, 23, 25, 26, 66, 91.
Colson 167.
Cori 11.
Crié 43, 44.
Crome 180.

D.

Decandolle 32, 51.
Delile 32.
Derschau 28.
Dessaignes 82.
Distant 90.
Dittrich 87, 142, 153.
Doepner 121, 151.
Drummond 30.
Dubois 53, 61, 104, 105, 131, 132, 134, 135, 136, 141, 142, 143, 147, 148, 149, 159, 163, 164, 165, 174.
Ducluzeau 6.
Dugès 91.
Dujardin 18.
Dunbar 110.
Dupugets 74.

E.

Eder 166.
Ehrenberg 6, 7, 10, 12, 14, 15, 18, 58, 74.
Eidam 36.
Eijkman 111.
Endlicher 33.

F.

Fabre 127, 129.
Figdor 169.
Fischer, B. 77, 145, 159.
Foà 101.
Forster 112, 154, 158.
Fourcroy 74.
Francé 50.
Freyesleben 28.
Friedberger 121, 151.
Friedel 125.
Fries, Th. M. 180, 182, 183.
Fröschel 169.

G.

Gärtner 123.
Gardner 30, 33.
Garjeanne 5.
Gaudichaud 30.

Gentry 49.
Gerloff 92.
Gessner 177.
Giard 25, 86, 91.
Giesbrecht 142.
Goethe 182, 187, 188.
Gorham 101.
Gourret 18, 20.

H.

Hagen 182.
Haggreen 179, 180.
Hahn 137.
Halle 82.
Hamann 11.
Hanckel 60.
Haren-Noman, van 158.
Hartig, R. 35.
Hartig, Th. 50, 147.
Heinrich, P. 27, 28, 37, 58, 74, 76, 80, 82, 85, 92, 123.
Heller 33, 34, 50, 59, 60, 71, 72, 74, 77, 78, 81, 82, 92, 96, 98, 112, 124, 150, 184.
Henneberg 89.
Hennings 31, 54.
Hilliger 91.
Hinks 10.
Höhnel v. 49.
Holtermann 54.
Hulme 85.
Humboldt 28, 150.

I.

Ives 141.
Issatchenko 85, 89, 173, 174.

J.

Johnson 180, 189.
Jollabert 186.

K.

Katz, J. 109.
Katz, O. 131, 138, 145.
Kawamura 30.
Kerner 175.
Kerville de 11, 12, 13, 32.
Klebahn 96.
Kny 1.
Kohl 154.
Kohlmann 72.
Kral 127.
Kries 187.
Kutscher 36, 37, 110.

L.

Lachmann 18.
Lagerheim 31.
Landgrebe 92.
Landsborough 9.
Langley 157.
Lassar 60.
Laurent 74.
Lauterer 31.
Le Bon 162.
Lehmann 111, 131, 138, 139.
Lendenfeld v. 31.
Lindblad 180.
Linné, E. C. 179, 183.
Linsbauer, K. 91.
Lode 146, 151, 152.
Ludwig, F. 22, 23, 25, 34, 35, 43, 47, 48, 50, 53, 61, 72, 87, 100, 131, 138, 139, 147, 153.

M.

Macfadyen 112, 139.
Mc Dermott 136, 141, 143.
Mc Kenney 120, 128, 131.
Mangold 11, 12, 130.
Martius 178.
Mascagni 74.
Matzdorff 90, 91.
Merian 90.
Meyen 6, 12, 35, 180.
Michaëlis 14, 15, 18.
Migula 25, 101, 103, 127.
Möller 50, 62.
Molisch 2, 42, 47, 63, 66, 67, 76, 80, 92, 94, 100, 101, 105, 109, 112, 120, 122, 125, 156, 159, 162, 170, 173, 178.
Moniez 91.
Mornay 177.
Moulé 61.
Müller, H. 44.
Müller, J. 82.
Muraoka 163, 164, 167, 168, 169.
Murray 153.

N.

Nadson 121, 131, 136, 159, 173.
Nees v. E. 28, 51.
Neljubow 170.
Neumann 110.
Noeggerath 28.
Noll 5.
Nuesch 60.

O.

Orth 110.
Ossiander 123.

P.

Pallas 87.
Patruban 74.
Pellatan 74.
Percy 74.
Peron 6.
Pescay 75.
Pfaff 124.
Pfeffer 129, 133.
Pflüger 59, 60, 72, 78, 79, 82, 99, 124, 131, 137.
Phipson 130, 131.
Porta 82.
Pütter 12.

R.

Radziszewski 118, 131, 132, 133, 153.
Reinelt 101.
Reinke 16, 17, 174.
Richter, Oswald 170, 173.
Röper 51.
Rosa 6, 7.
Rowlands 112.
Rumph 30, 31, 34.
Russel 166.
Ruysch 74.

S.

Sachs 126, 127, 128.
Sapehin 5.
Saussure 186.
Scherer 123.
Schertel 177.
Schilling 23.
Schleiermacher 187, 188.
Schmidt 87, 88, 90.
Schmitz 29.
Schorigin 133.
Schott 82.
Schottelius 129.
Schütt 14, 21.
Schweigger 6.
Senebier 180.
Singer, M. 170.
Sorokin 88.
Stein 15, 16, 90.
Suchsland 163.
Szütz 182.

T.

Tarchanoff 86, 87.
Thielau, v. 186, 188.
Thomas 187, 188.
Trautz 132, 133.
Tollhausen 131.
Tubeuf, v. 47, 185.
Tulasne 32, 33, 55.

V.

Very 157.
Verworn 157.
Vesling 58.
Vejdovsky 91.
Viviani 6.
Volkens 54.
Vuillemin 5.

W.

Weitlaner 133.
Weleminski 110.
Werneck 22, 25.
Wiesner 169, 174.
Wijsman 115, 175.
Wilke 179.
Wrisberg 74.

Z.

Zacharias, E. 96, 98, 99.
Zacharias, O. 17, 23, 24.
Zawadzki 180.
Zopf 12.

Sachregister.

A.

Aal 82, 83.
Aeskulin 132.
Aether 120, 128.
Agaricus 30.
— acerbus 100.
— candescens 100.
— cirrhatus 48.
— Ernerici 100.
— Gardneri 30, 31, 33, 99.
— igneus 30, 31, 33, 99.
— illuminans 32, 100.
— lampas 32, 100.
— longipes 34, 100.
— melleus 29, 30, 35, 38, 41, 99.
— noctilucens 30, 31, 99.
— olearius 30, 32, 99.
— phosphorus 31, 99.
— Prometheus 31, 99.
— tuberosus 34, 48.
— socialis 100.
Agglutination und Leuchten 119.
Aglaia tomentosa 54.
Ahornblätter, leuchtende 56.
Alcyonien 6.
Algen 1, 6 ff.
Allobophora 91.
Amphipoden 86.
Amphiura squamata 11, 13.
— elegans 11.
Art des Leuchtens 145, 146.
Arum maculatum 180.
Asparagin 115.
Asperococcus 2.
Atmung und Leuchten 126 ff.
Auricularia phosphorea 47, 100.
Austern, leuchtende 80, 81.
Auxanogramm 114.

B.

Bacillus argenteo-phosphorescens 101.
— cyaneo-phosphorescens 102, 145.
Bacillus Fischeri 102.
— gliscens 80.
— lucifer 102.
— luminescens 80.
— phosphorescens 102.
— phosphoreus 101.
— phosphoricus 101.
— photogenus 80, 107, 156.
Bacterium argenteo-phosphoreum 101.
— — phosphorescens 101.
— Chironomi 90, 102.
— Giardi 101.
— Hippani 85, 102.
— lucens 60.
— phosphorescens 101, 111, 156.
— phosphoreum 66 ff., 73, 93, 94, 97, 101, 105, 112, 139, 145, 154, 155.
— Pflügeri 101.
— smaragdino-phosphorescens 101.
Bakterien, leuchtende 57 ff., 101.
— angeblich das Leuchten des Holzes hervorrufend 52.
— beeinflußt von nichtleuchtenden 121.
Bakterienfilter 122.
Bakterienlampe 147 ff.
Bakterienlicht und Heliotropismus 169 ff.
— — Chlorophyllbildung 173, 174.

Balanoglossus 11.
Bambusablätter, leuchtende 54.
Beggiatoa 12.
Beggiatoen 12.
Blätter, Leuchten verwesender 53 ff.
Bild, nachlaufendes 187.
Biologische Bedeutung des Pilzlichtes 174 ff.
Blitzen der Blüten 179 ff.
— — durch Elektrizität 184 ff.
— — durch Nachbilder 187 ff.
— des Holzes 52.
Blüten, Blitzen derselben 179 ff.
Bombyx, Leuchten der Augen 5.
Brennende Liebe 183.
Brisinga 11.
Bryozoen 10, 13.
Buchenblätter, leuchtende 55, 56.

C.

Calendula officinalis 179.
Callithamnion granulatum 1.
Carpinus Betulus 56.
Ceratium candelabricum 19.
— cornutum 24, 26.
— furca 19, 21.
— fusus 16, 18, 19, 21.
— hirundinella 23, 24, 26.
— tripos 16, 17, 18, 19, 21.
Chemilumineszenz 132, 143.
Chironomus 87, 88.
Chloride, Einfluß derselben auf das Leuchten 107 ff.
Chloroform 120.
Chlorophyllbildung im Bakterienlichte 173 ff.
Chondria flagelliformis 10.
Chondriopsis coerulescens 1.
Chylocladia 1, 2.
— kaliformis 1.
— mediterranea 1.
— parvula 1.
— reflexa 1.
Chromophyton Rosanoffii 2, 3, 4, 6, 13.
Cicaden 99.
Cipo de Cunaman 177.
Cladophora 10.
Cladostephus verticillatus 10.
Clitocybe illudens 31, 100.
Clytia Johnstonii 10.
Codium 7.
Collembolen 52, 53.
Collybia 48.
— cirrhata 48, 49, 100.
Coluber natrix 92.
Conchylien 85.
Conferva 6.
Corticium coeruleum 47, 100.
Cucujos 142, 150.
Culex pipiens 87.
Cystosira ericoides 2.
— opuntioides 2.

D.

Delesseria sanguinea 10.
Desmarestia aculeata 9.
Diastase 118.
Diatomeen 12.
Dictyophora phalloidea 50.
Dictyota 2, 11.
Diffusionsfelder 114, 119.
Diptam 184.
Discoplea sorrentina 12.
Drosera 177.
Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht 162 ff.

E.

Echinodermen 11, 12.
Eichenblätter, leuchtende 55.
Eidechseneier 96.
Eigenschaften des Pilzlichtes 144.
Eis, leuchtendes 112.
Eiweißplatten 2.
Elateriden 142, 149, 150.
St. Elmsfeuer 184 ff., 189.
Enzyme 118 ff.
— invertierende 119.
Ernährung und Leuchten 163 ff.
Euphorbia phosphorea 178.

F.

Fagus silvatica 55, 56.
Farbe des Pilzlichtes 144.
Fettkörper 132.
Feuerfarbe 182.
Feuerlilie 179.
Fische, Leuchten toter 76 ff.

Fische, marine 76 ff.
— -Süßwasser 81 ff.
Fleisch, leuchtendes 58 ff.
— — sich zu verschaffen 62.
Fliegen, leuchtende 87 ff.
Flohkrebse, Leuchten toter mariner 81.
Flor de Coco 30.
Florideen 13.
Flunder, leuchtende 79.
Frösche, leuchtende 85, 86.
Fucus 6, 7.
— serratus 10.
Fulgora 90.
Furcellaria 10.

G.

Gelidium 11.
Ghost 187.
Glenodinium tabulatum 15.
Glykose 114, 115.
Goldglanz von Chromophyton 2, 3, 4.
Goldschimmer 3.
Gorgonien 6.
Gorteria rigens 180.
Gryllotalpa 87.

H.

Haliseris 2.
Hallimasch 29, 30, 35, 38, 53, 139, 145, 146.
Harn, leuchtender 99.
Hecht, Leuchten des toten 82, 84.
Hefe 119, 121.
Helianthus annuus 179.
Heliotropismus von Xylaria 172.
— im Bakterienlichte 169 ff.
— von Phycomyces im Bakterienlichte 172.
Heterobasidium annosum 47, 100.
Heterocirrus saxicola 11, 13.
Holz, Leuchten desselben 27 ff.
— Blitzen desselben 52, 53.
— wirksam auf die photogr. Platte 168.
Hühnereier 91 ff.
Humus 133.
Hydroiden 10.
Hyphomyceten 27 ff., 99.

I.

Ileodiction cibarium 31, 100.
Irisieren 1.
Isis 6.

J.

Johanniskäferlicht 162 ff.

K.

Kabeljau 76.
Käferlicht 162 ff.
Kalchbrennera coralloides 100.
Kapuzinerkresse 179 ff.
Kartoffeln, leuchtende 96 ff.
Karton, seine chem. Wirkung auf die photogr. Platte 165 ff.
Käse 99.
Kaulquappen 85.
Keimlinge, ihr Heliotropismus im Bakterienlichte 170 ff.
Kochsalz, Einfluß auf Leuchten 63, 64, 65, 104 ff.
— Ersatz durch andere Chloride 107 ff.
Kohl 96.
Kohlenwasserstoffe, Leuchten derselben 132.
Korallen 7.
Korallineen 6.

L.

Lacerta agilis 92.
Lampyris 157.
Lampyris noctiluca 142.
Laternenfliege 90.
Laurencia pinnatifida 1.
Lävulose 114.
Leuchtbakterien im Hafen von Triest 80, 101.
— zum Nachweis von Sauerstoff 124 ff.
— — von CO_2-Assimilation 124, 125.
— — von Enzymen 118 ff.
Leuchten, eine Oxydation 123 ff.
— und Sauerstoff 123 ff.
— und Atmung 126 ff.
— ein biologischer Prozeß 34, 50, 59.
— erfolgt intracellulär 50, 138, 143.
— der Schmetterlingsaugen 5.
— angebliches der Algen 1 ff.
— des Fleisches 58 ff.
— toter Fische 76 ff.
— mariner Fische 76 ff.
— anderer Seetiere 76, 80, 81.
— der Hühnereier 91 ff.
— der Kartoffeln 96 ff.
— der Peridineen 14 ff.
— der Pilze 27 ff.

Leuchten des Holzes 27 ff.
— verwesender Blätter 53 ff.
— der Würste 71 ff.
— menschlicher Leichenteile 74 ff.
— lebender Tiere infolge von Infektion 86 ff.
— von Milchsäften 177, 178.
— organischer Körper 131 ff.
Leuchtholz, Methode seiner Beschaffung 27, 28, 37, 38.
Leuchtmoos 5.
Leuchtmycelium x 41 ff.
— — ein ausgezeichnetes Demonstrationsobjekt 43.
Leuchtprozeß, Wesen desselben 123 ff.
Leuchtpulver 153.
Leuchtstoffe 114 ff.
Licht, schwarzes 162.
— ultraviolettes 158.
— kaltes 153, 157.
— lebendes 150.
— wallendes 147.
Lichtauslöschende Stoffe 116.
Lichterscheinungen, angebliche bei Phanerogamen 177 ff.
Lichtmessung 151.
Lichtintensität der Bakterien 151.
Lichtreflex 1, 5.
Lichtseuche 86.
Lichtstoff 114.
Lilium bulbiferum 179, 181.
Lipura noctiluca 53.
Locellinia illuminans 31, 100.
— noctilucens 31, 100.
Lophin 131.
Luciferin 134, 135, 136.
Luciferase 135, 136.
Luciola italica 141, 142.
Luftmethode 63.
Lunaria rediviva 177.
Lunariae 177.
Lychnis chalcedonica 182 ff.

M.

Magnesiumsulfat 109.
Maltose 118.
Matricaria inodora 182.
Maulwurfsgrille 87.
Membranipora pilosa 9, 10, 13.
Menschenleichen, leuchtende 74 ff.
Meeresleuchten, 14, 15.
— künstliches 77, 124.
Micrococcus phosphoreus 66, 69.
— Pflügeri 61, 101, 127.
Microspira annularis 102.
— caraibica 102.
— coronata 102.
— degenerans 102.
— delgadensis 102.
— Dunbari 102.
— glutinosa 102.
— gliscens 101, 102.
— luminescens 101, 102.
— photogena 101, 102.
— luminosa 102.
— papillaris 102.
— tuberosa 102.
Miesmuscheln, leuchtende 81.
Milchsäfte, leuchtende 177.
milky sea 77.
Mnium rostratum 5.
— undulatum 5.
Mohnblüte, Blitzen der 182, 187.
Mondpflanzen 177.
Mycaena illuminans 54, 100, 145.
Mycelium x 41 ff, 55, 100, 112, 139, 140, 145, 146, 156.
Mycetophila 89.
Myriopoden 53, 141, 142.

N.

Nachbild 187 ff., 189.
Nachtschmetterlinge, Leuchten ihrer Augen 5.
Nährstoff, plastischer 114.
Narkose der Leuchtbakterien 120.
Neanura muscorum 52, 53.
Nephelium lappaceum 54.
Nereis cirrigera 6, 7, 10, 13.
Nitophyllum 11.
Noctiluca 7.
— miliaris 7, 9.
Noctilucin 130, 131.

O.

Odinia elegans 11.
Omphalia Martensii 31, 100.
Ophiocantha spinulosa 11.
Ophiotrix 11.

Organische Körper, leuchtende 131 ff.
Orya 141.
Oscillatoria 6, 7, 12.

P.

Pandanus 180.
Panus incandescens 30, 31, 100.
— stipticus 49, 100.
Papaver orientale 181 ff.
Pelagia noctiluca 134.
Penicillium 121.
Peptonbakterien 115.
Peptonkohlenstoffbakterien 115.
Peridineen, marine 9, 13, 14, 15, 18, 20, 146.
— -Süßwasser 22.
Peridinium bipes 25, 26.
— cinctum 24, 26.
— divergens 16, 19, 20, 21.
— furca 15, 22.
— fusus 15.
— Lucina 22.
— Michaelis 22.
— splendor maris 15.
— tripos 15.
Pferdefleisch, leuchtendes 63, 64.
Phanerogamen, Lichterscheinungen derselben 177 ff.
Pholas 133 ff., 142.
Phosphor 130.
Phosphoreszenz durch Atmung 126 ff.
Phosphorwasserstoffverbindungen 130.
Photinus pyralis 141.
— corruscus 141.
— scintillans 141.
Photobakterium 103.
— indicum 111, 115, 119, 124, 152.
— italicum 101.
— luminosum 102, 111, 115, 124.
— Pflügeri 114, 118.
— phosphorescens 114, 118, 156.
— sarcophilum 61.
Photogen 130 ff., 143.
Photographische Wirkung des Pilzlichtes 158 ff.
— — des Mycelium x 162.
Photographien im Bakterienlichte 160 ff.
— von Bakterien in ihrem eigenen Lichte 160 ff.
— von Gegenständen im Bakterienlichte 161, 162.
Photographieren mittels Bakterienlampen 161.
Photuris pennsylvanica 141.
Phyllirhoë 142.
Phyllophora Brodyei 10.
Phytolacca decandra 182, 184.
Pilze, Leuchten derselben 27 ff.
— angeblich leuchtende 47.
Pilzlicht, seine Eigenschaften 144 ff.
— — biologische Bedeutung 174 ff.
Pleurotus candescens 31, 100.
— incandescens 31.
— japonicus 30.
— nidiformis 100.
Polyanthes tuberosa 180.
Polymyces phosphoreus 32.
Polynoë fulgurans 15.
Polyporus citrinus 47, 100.
— igniarius 100.
— noctilucens 31, 100.
— sulfureus 47, 49, 100.
Polysiphonia platyspira 1.
— elongata 10.
Primula Auricula 177.
Prorocentrum micans 15, 22.
Pseudomonas italica 101, 102.
— javanica 102, 111.
— lucifera 67, 80, 101, 102, 152, 156, 158.
Pteris serrulata 5.
Ptychodiscus 175.
Pyrocysteae 13, 21.
Pyrocystis 21.
— fusiformis 21.
— lunula 22.
— noctiluca 21.
— pseudonoctiluca 22.
Pyrophorin 141.
Pyrophorus noctilucus 149, 155.

Q.

Quallen 8, 9.

R.

Radiometer 153.
Ranunculus Thora 177.
Reflexerscheinungen 1, 5.
Regenwürmer, leuchtende 90, 91.
Reinkulturen höherer Pilze 37.
— des Hallimasch 38.

Reinkulturen des Mycelium x 41.
— von Xylaria-Arten 43.
Reptilieneier 91, 92.
Retiporen 6.
Rhizomorpha 28, 29, 30, 33, 35, 40.
Rindfleisch, leuchtendes 63, 64.
Ringelblume 179.
Rüben, leuchtende 96, 98.

S.

Salze, ihr Einfluß auf Leuchten 104 ff.
— als osmotischer Faktor 109.
Salzwassermethode 64.
Sambucus nigra 184.
Sarcina noctiluca 78.
Satellit 187.
Sauerstoff und Leuchten 123 ff.
Säuren, hemmen das Leuchten 115.
Saugphänomen 164, 167.
Schimmelpilze, ihr Einfluß auf das Leuchten der Bakterien 121.
Schistostega osmundacea 5.
Schlangeneier 96.
Schwammücken, leuchtende 89.
Schweiß 99.
Scinaia furcellata 1.
Sclerotien, leuchtende 34.
Scolioplanes acuminatus 53.
Seegras 7.
Seekonferven 6.
Seetiere, leuchtende tote 80.
Sekrete, leuchtende 141, 142.
Sertularien 6, 175.
Soleier, leuchtende 93 ff.
Sonnenrose 179.
Spektrum von Bacillus photogenus 156.
— — des Pilzlichtes 153 ff.
— — des Pyrophorus 155, 157.
— — des Bacterium phosphoreum 155.
— — des Bacterium phosphorescens 156.
— — des Mycelium x 156.
Sphinx, Leuchten der Augen 5.
Spongodium vermiculare 6, 7.
Sporochnus aculeatus 10.
Springschwänze 52.
Steckmuscheln, Leuchten toter 81.
Süßwasserfische, Leuchten toter 81 ff.

T.

Tabakrauch und Leuchten 120.
Tagetes erecta 179, 180.
— patula 179, 180.
Talitrus 86.
Taonia 2.
Tausendfuß 53.
Temperatur und Leuchten 104, 111 ff.
Theorie des Leuchtens 130.
Thrips 184.
Trametes pini 36, 47, 49, 100.
— radiciperda 36, 47.
Tropaeolum majus 179, 180.
Trypsin 119.

U.

Uebersicht über die leuchtenden Pilze 99 ff.
Ultraviolette Strahlen im Bakterienlicht 158.
Ulven 6.

V.

Vacuolides 141.
Vermicularia retusa 6.
Vibrio Dunbar 110, 111.
— Elvers 110, 111.
— Rumpel 119.
Vogeleier 99.

W.

Wachstum und Leuchten 113 ff.
Wasser und Leuchten 140.
Wesen des Leuchtprozesses 123 ff.
Wrangelia penicillata 1.
Würmer 11, 13.
Würste, leuchtende 71 ff.

X.

Xylaria, Reinkulturen 43, 44.
— Cookei 45, 100.
— Hypoxylon 43, 44, 45, 46, 100, 172.
— polymorpha 44.

Z.

Zuckmücken 87, 88, 89.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

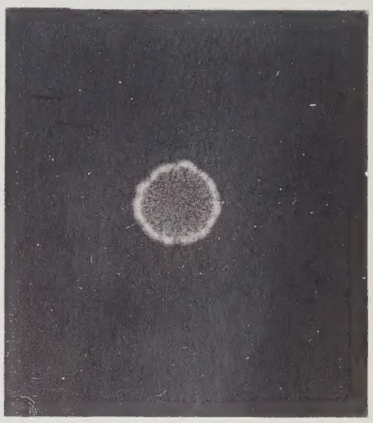
Fig. 1. Bakterienlampe in ihrem eigenen Lichte photographiert.
Fig. 2. Photographie leuchtender Kolonien von Bacterium phosphoreum in ihrem eigenen Lichte. Die Kolonien waren sechs Tage alt, befanden sich in einer Petrischale, die mit einer planen Glasscheibe bedeckt war. Expositionszeit 15 Stunden.
Fig. 3. Mikrophotographie von einer leuchtenden, zehn Tage alten Kolonie von Bacterium phosphoreum im Eigenlichte.
Fig. 4. Photographie einer Strichkultur von Bacterium phosphoreum im Eigenlichte.
Fig. 5. Photographie einer Schillerbüste im Bakterienlichte.

Tafel II.

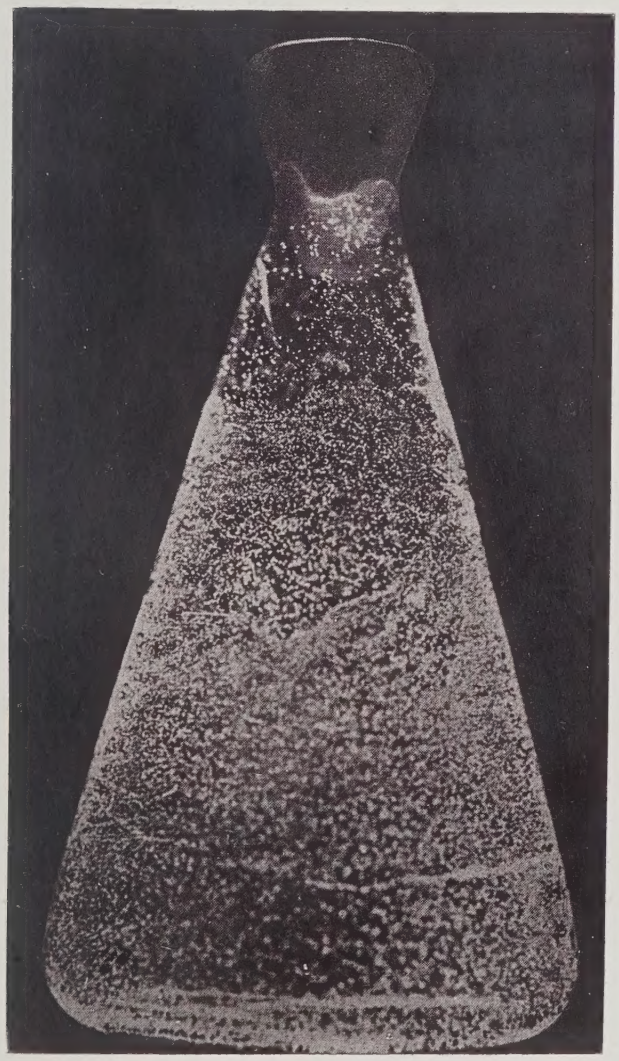
Fig. 6. Photographie eines Thermometers im Bakterienlichte.
Fig. 7. Photographie einer Buchdruckprobe im Bakterienlichte.
Fig. 8. Sechs photographische Bilder, hervorgerufen durch Bakterienlicht nach 60, 30, 10, 5, 3 und 1 Sekunde Belichtung.
Fig. 9. Positivbild, einfach erhalten durch Auflegen eines gelbbraunen Kartons mit drei kreisförmigen Ausschnitten auf eine photographische Platte und nachheriger Entwickelung.
Fig. 10. Positivbilder, einfach erhalten durch Auflegen von Querscheiben von Hölzern (Eiche und Buche) auf eine photographische Platte und nachheriger Entwickelung.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 4161

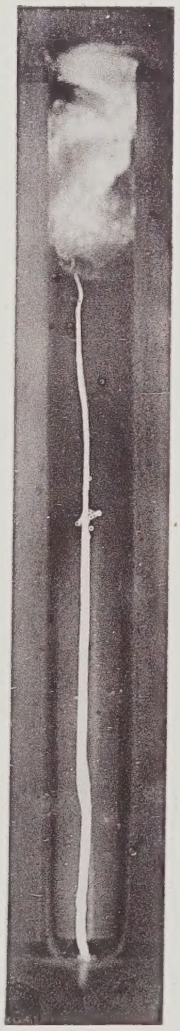
2



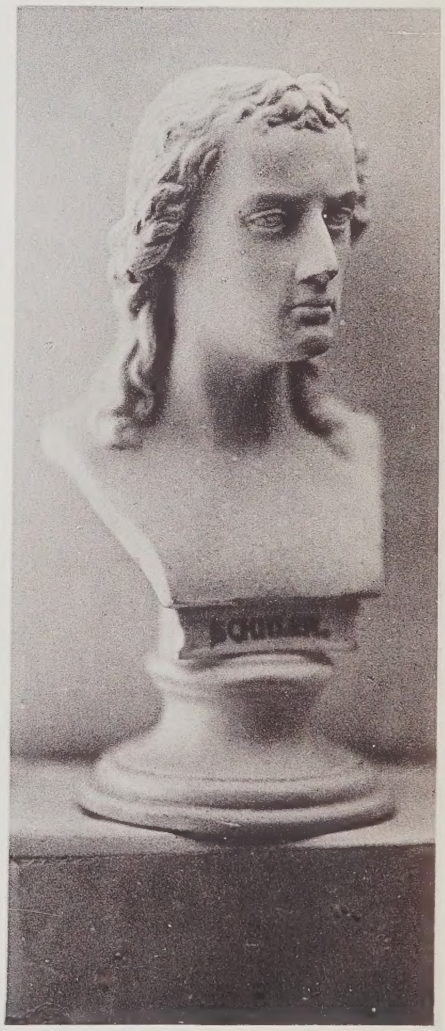
3



1



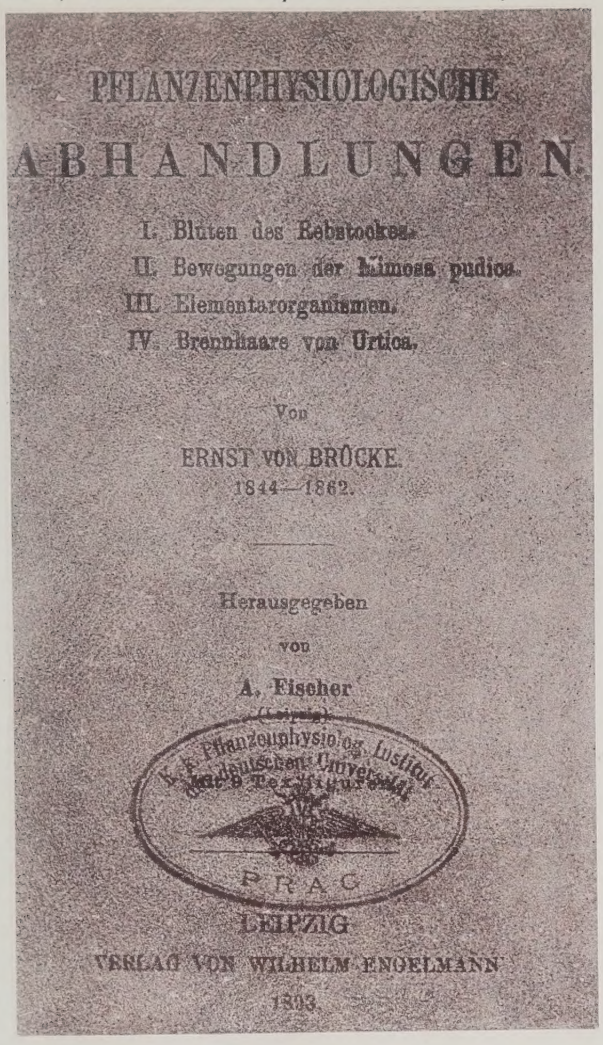
4



5

Verlag von ***Gustav Fischer*** *in Jena.*

Crayondruck von J. B. Obernetter, München.


PFLANZENPHYSIOLOGISCHE

ABHANDLUNGEN.

I. Blüten des Rebstockes.
II. Bewegungen der Mimosa pudica.
III. Elementarorganismen.
IV. Brennhaare von Urtica.

Von

ERNST VON BRÜCKE.
1844—1862.

Herausgegeben

von

A. Fischer

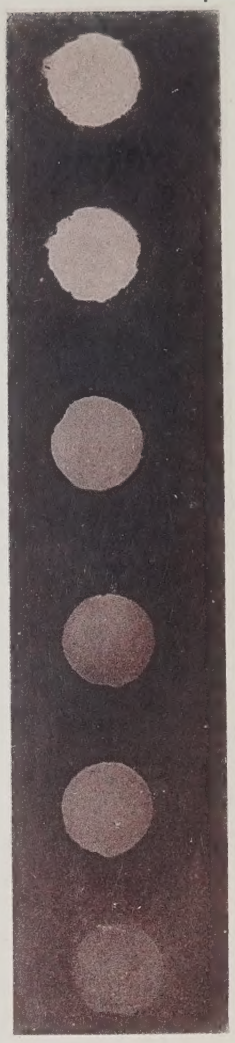
(Leipzig)

K. k. deutschen Universität
Pflanzenphysiolog. Institut
PRAG

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

7

6



8

10

9

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Crayondruck von J. B. Obernetter, München.

Bot.
M.

184235

Author Molisch, Hans

Title Leuchtende Pflanzen.

University of Toronto
Library

DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU